

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DEI BENI CULTURALI:

Archeologia, Storia dell'arte, del cinema e della musica

Corso di laurea triennale in Archeologia

Un subadulto dalla necropoli di Hookerd (Iran, III millennio a. C.): analisi
istologica di un campione dentale per determinare l'età della morte e i
livelli di stress nella prima infanzia

Relatore: Professor Massimo Vidale

Correlatore: Beatrice Peripoli

Laureanda: Claudia Stefani

Numero di matricola: 1229571

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

Sinossi.....	pag. 1
Capitolo 1: I siti del Bronzo antico della valle dell'Halil Rud (Kerman, Iran).....	pag. 3
1.1. Geografia.....	pag. 3
1.2. Evidenze archeologiche.....	pag. 9
1.2.1 La necropoli di Mahtoutabad.....	pag. 18
1.2.2 La problematica storia degli scavi.....	pag. 26
1.2.3 L'identificazione con Marhashi: dati, ipotesi e teorie.....	pag. 29
Capitolo 2: Materiali e metodi.....	pag. 33
2.1 Anatomia macroscopica del dente.....	pag. 33
2.1.1 Analisi macroscopica come stima dell'età alla morte.....	pag. 38
2.2 I tessuti mineralizzati del dente: lo smalto.....	pag. 44
2.2.1 Istologia dello smalto: le strutture microscopiche dello smalto dentale.....	pag. 46
2.3 Metodologia di analisi istologica dello smalto dentale.....	pag. 50
2.3.1 Il campione oggetto di studio.....	pag. 50
2.3.2 Creazione delle sezioni sottili: metodologia di taglio.....	pag. 54
2.3.3 Analisi istomorfometrica delle sezioni sottili.....	pag. 60
Capitolo 3: Risultati.....	pag. 63
Capitolo 4: Discussioni e conclusioni.....	pag. 73
Bibliografia.....	pag. 77
Sitografia.....	pag. 85
Appendice A - Tavole	

SINOSSI

Il presente elaborato ricostruisce lo stato di salute e l'età cronologica alla morte di un subadulto attraverso l'analisi istologica dello smalto dentale. Il campione dentale proviene dalla necropoli di Hookerd (III millennio a.C.), situata 20 km a nord del sito archeologico di Konar Sandal (Iran sudorientale, provincia di Kerman), già identificato come il principale hub urbano della civiltà dell'Halil Rud o di Jiroft (probabilmente l'antica nazione di Marhashi, come essa era identificata dai coevi testi mesopotamici). Con l'obiettivo di osservare lo stato di salute dell'individuo per un arco cronologico il più ampio possibile dell'infanzia, ho analizzato almeno un dente per ciascuna classe dentale: sono stati così analizzati un dente deciduo e sei denti permanenti. Per ogni dente è stata creata una sezione istologica seguendo le metodologie di taglio di istologia classica; successivamente, per ogni sezione è stata svolta l'analisi istomorfometrica. L'analisi delle strutture incrementali dello smalto (*cross striations* e *brown striae of Retzius*) ha permesso di calcolare i tempi di formazione delle corone (*Crown Formation Time*) e l'età cronologica alla morte, mentre l'analisi delle Linee Incrementali Accentuate (*Accentuated Lines*) ha consentito di delineare lo stato di salute dell'individuo durante l'infanzia. È stato possibile sperimentare e confermare le potenzialità di una metodologia tecnicamente avanzata su un campione archeologico sottolineando l'importanza di un approccio multidisciplinare, che permetterebbe di arricchire il quadro conoscitivo delle popolazioni rappresentate nella necropoli di Hookerd, e in generale, appartenenti alla civiltà dell'Halil Rud o di Jiroft, la quale in termini di bioarcheologia è ancora totalmente sconosciuta.

CAPITOLO 1

I SITI DEL BRONZO ANTICO DELLA VALLE DELL'HALIL RUD (KERMAN, IRAN)

1.1 Geografia

Il campione dentale oggetto di questo studio è stato raccolto sulla superficie di una tomba del III millennio a.C. saccheggiata da scavatori clandestini nella necropoli di Hookerd (provincia di Kerman, Iran; coordinate 28°37'45.25"N, 57°42'29.87"E). Hookerd è una delle numerosissime necropoli rovinosamente distrutte da scavi illegali tra il 2000 e il 2001 nella valle dell'Halil Rud, rivelando l'esistenza di una importante civiltà urbana dell'età del Bronzo antico della quale prima si sapeva poco o nulla (Pittman 1990; Hakemi 1997; Muscarella 2001; Madjidzadeh 2003a; 2003b; Perrot, Madjidzadeh 2005; Hejebri Nobari *et al.* 2012; Piran, Madjidzadeh 2013; Desset 2018; Vidale *et al.* 2021). Del sito di Hookerd, a tutt'oggi, non si sa praticamente nulla, se non che, sulla base delle ceramiche infrante in superficie, esso deve essere approssimativamente datato al III millennio a.C. Di conseguenza, per collocare lo studio qui proposto in un quadro conoscitivo, ci rivolgeremo ai siti e alle aree archeologiche coeve che sono stati oggetto di limitate stagioni di scavi e ricognizioni regolari: in primo luogo a Konar Sandal Sud (d'ora in avanti KSS) e a una delle sue necropoli, quella di Mahtoutabad (Figura 1).

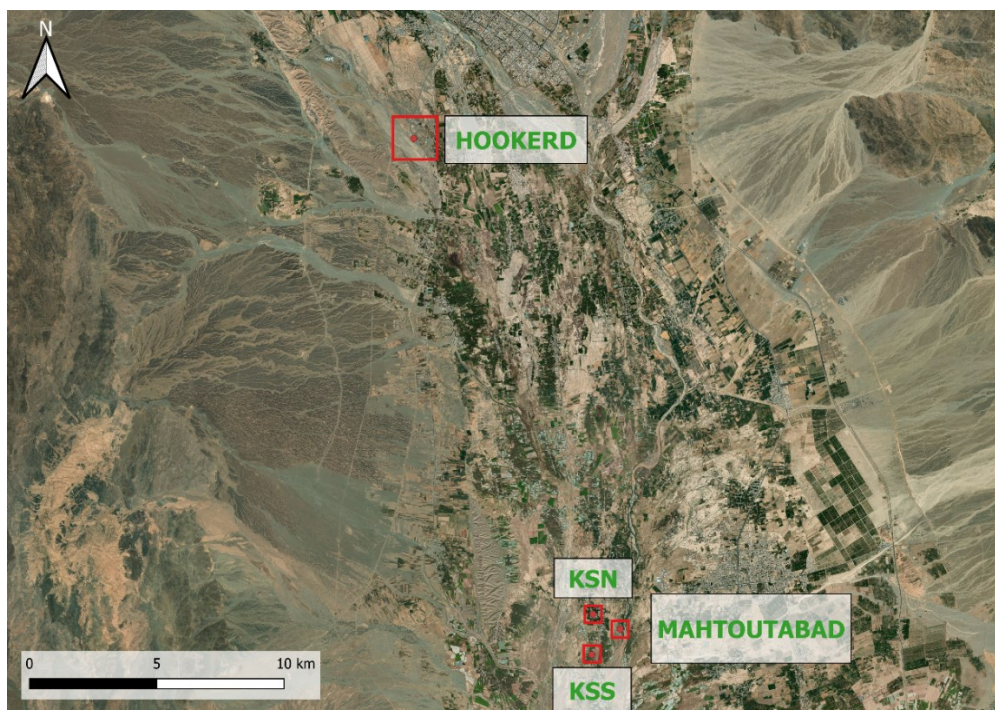


Figura 1. Mappa dei siti di Hookerd, Konar Sandal Nord, Konar Sandal Sud e Mahtoutabad appena nominati. Scala 1:150000.

Il sito archeologico di Konar Sandal è situato sulla pianura fluviale dell'Halil Rud a 25km a sud dall'attuale città di Jiroft, nella provincia di Kerman, nell'Iran sudorientale (Figura 2). La valle è circondata da diverse catene montuose quali il Jebel Barez (3740m slm) a nordest e il massiccio di Kerman a nordovest (Fouache *et al.* 2005).

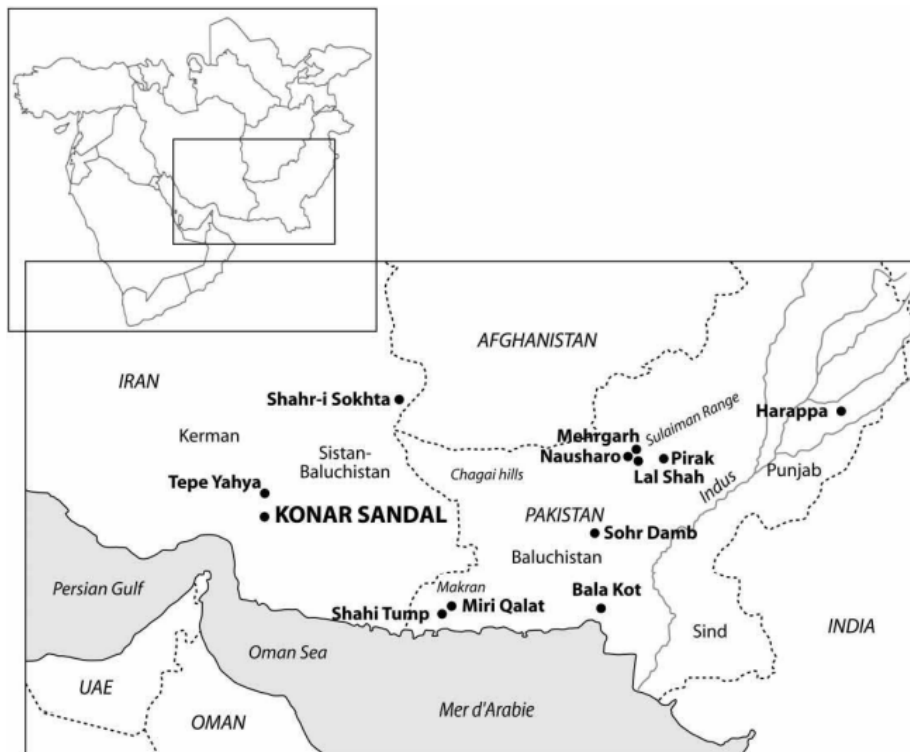


Figura 2. Mappa dell'Iran e delle regioni adiacenti con l'ubicazione di Konar Sandal (Mashkour *et al.* 2013).

Il principale punto di riferimento idrografico per l'area è l'Halil Rud, fiume (questo il significato di *rud* in persiano) particolarmente soggetto ad alluvioni devastanti ed improvvise. Nasce nelle montagne di Kerman e scorre in direzione sudest per poi scomparire nel bacino endoreico desertico dello Jazmurian, a sud-est di Jiroft, dove si forma, o si formava, un lago stagionale salato. La variabilità di questo bacino, che attualmente rimane asciutto durante la maggior parte dell'anno, è dovuta alla costruzione di dighe nella parte settentrionale del fiume ha provocato un flusso d'acqua irregolare proprio sul lato valle, con il concorso di una recente fase di netto peggioramento climatico, con progressivo inaridimento. Altre fonti idriche dell'area sono quelle sotterranee a cui si può accedere tramite sorgenti e pozzi artesiani (Mashkour *et al.* 2013).

Indagini geomorfologiche preliminari rivelano che l'Halil Rud ha cambiato il suo corso nel tempo: oggi, infatti, il fiume scorre ad est dei due complessi di monticoli archeologici (*tepe*) che costituiscono il complesso archeologico di Konar Sandal (rispettivamente Konar Sandal Nord o KSN, probabilmente databile all'età del Ferro, e KSS). Durante le Età del bronzo e del Ferro il letto

principale del fiume doveva invece scorrere ad ovest dell'insediamento, come osservabile nella Figura 3 (Fouache *et al.* 2005).

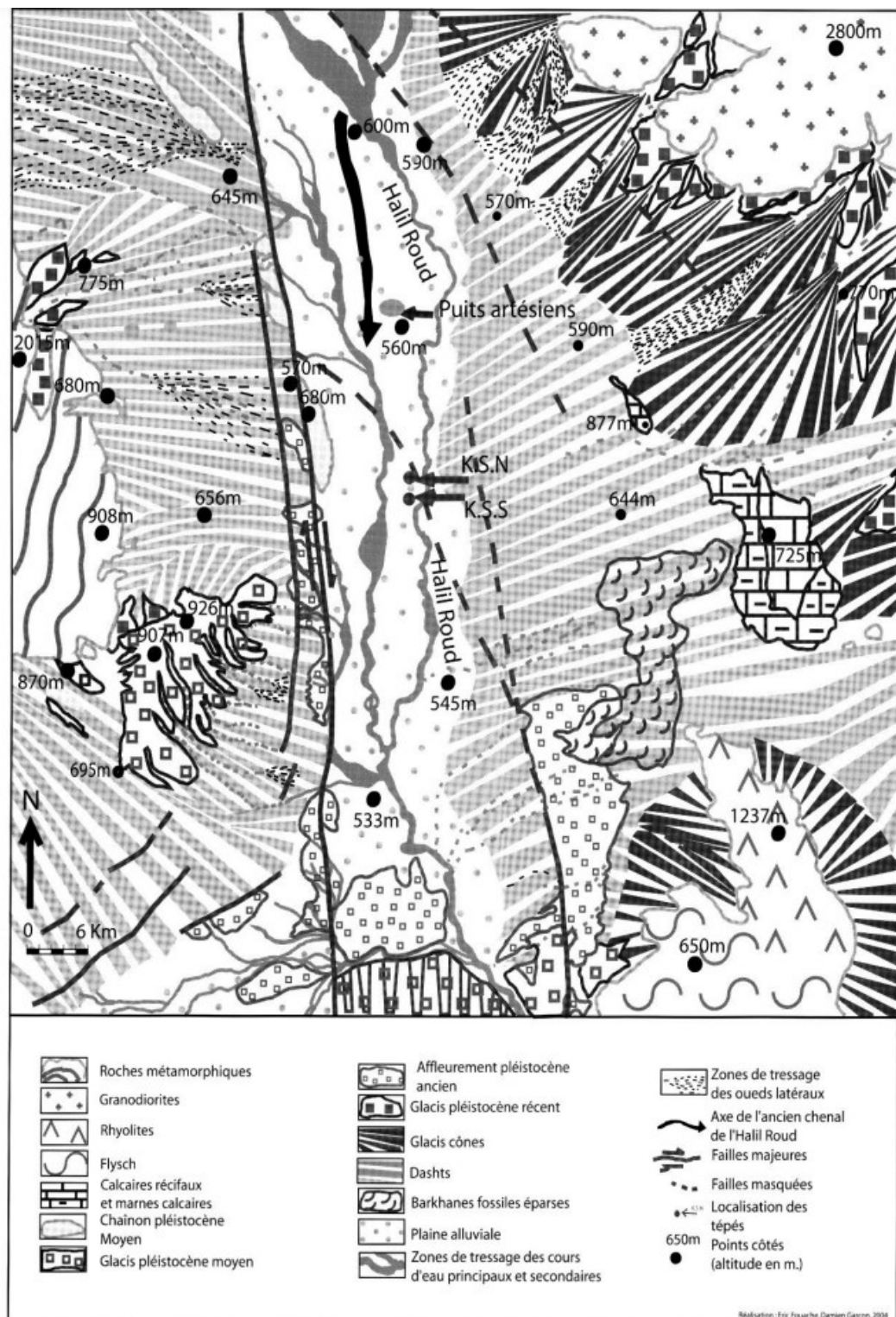


Figura 3. Carta geomorfologica dell'area dei siti di KSN e KSS (Fouache, Garçon 2004).

Le frequenti e improvvise esondazioni del fiume potrebbero essere state sfruttate in antichità per le attività di produzione agricola delle popolazioni locali le quali, come in tempi recenti, potevano difendersi dal pericolo di rovinose alluvioni costruendo gli insediamenti su terrazzi

marginali e conoidi, e rifugiandosi, in caso di necessità, sugli stessi monticoli archeologici (Fouache, Rousset, Madjidzadeh 2005).

Vi è una netta dicotomia nell'orogenesi dei rilievi che circondano la valle. Le montagne ad ovest, il margine sud-orientale della grande catena dei monti Zagros, sono di origine sedimentaria e metamorfica; mentre le montagne ad est, caratterizzate da formazioni sia vulcaniche sia metamorfizzate, misero a disposizione degli abitanti una grande varietà di pietre (cloriti, marmi, calcite alabastrina, diaspri gialli e rossi, basalti, porfidi e graniti) e minerali metalliferi ricchi di rame, zinco e oro (Fouache, Rousset, Madjidzadeh 2005). Questa vasta e ampia ricchezza mineraria è sicuramente uno dei motivi che ha permesso a questa regione di prosperare sin dal VII-VI millennio a.C.

La ricchezza della valle è inoltre confermata anche dalla fertilità e dal clima caldo che hanno fatto guadagnare alla piana di Jiroft il soprannome di “piccola India” (*Hindustân-e kutchek*) o “piccola Mesopotamia” (Vidale 2020). L'agricoltura produce principalmente cereali (orzo e frumento) e frutta (palma da dattero, *Phoenix dactylifera*, e vite). La palma da dattero, protagonista di innumerevoli rappresentazioni su ceramica, e soprattutto su bassorilievi sui vasi e sui pesi a borsa in clorite, risulta addomesticata già tra il VI e il V millennio a. C. (Vidale 2020). La pastorizia si basava principalmente su pecore, capre e bovini e non si escludono forme di limitata transumanza verso le catene montuose contigue alla valle alluvionale dell'Halil Rud. Le pratiche di allevamento hanno subito una svolta significativa con la comparsa del cavallo e del cammello battriano tra la fine del II e l'inizio del I millennio a. C. (Mashkour *et al.* 2013).

È importante considerare che il clima della valle, in passato, non era esattamente com'è oggi. Si ritiene infatti che nel corso del medio Olocene, circa 8000 o 7000 anni fa, la valle sia gradualmente passata da un clima caldo-umido a un clima mediterraneo secco (Fleitmann *et al.* 2003; Fallah *et al.* 2015). Intorno al 4000 a. C. le piogge estive si ridussero fino a quasi scomparire e l'aridità non poté che peggiorare. L'estrema siccità comportò poi una sostanziale desertificazione (Fallah *et al.* 2015) culminata attorno al 2300-2200 a.C. nei fenomeni indotti dal grande mutamento climatico che inaridì vaste regioni del Medio Oriente e dell'Asia Media (Vidale 2020). Negli ultimi 4000 anni, infine, la valle è stata oggetto di un forte degrado a causa del pascolo eccessivo e del calpestio del suolo ad opera del bestiame che ha trasformato la copertura vegetale da una foresta arbustiva aperta xerica a paesaggi più aperti (Mashkour *et al.* 2013; Gurjazaite *et al.* 2018).

La coltivazione dei cereali, di datteri e di altri prodotti vegetali per cui la valle dell'Halil è conosciuta avvenne in vari periodi di ritiro della siccità, ossia principalmente nel corso dell'età del

Ferro, coincidente sull'Altopiano Iranico con il periodo dei grandi imperi persiani (550 a. C. - 650 d. C. circa) e quindi con l'epoca islamica. Inoltre, la pastorizia dev'essere diventata più dominante dell'agricoltura nei periodi di clima più sfavorevole, indicativamente in due periodi: intorno a 4000/3800 e 3400/2800 anni fa (Gurjazkaite *et al.* 2018).

Il clima oggi si presenta temperato. Una regione ecologica chiamata dall'archeozoologa Marjan Mashkour e colleghi *sardsir*, letteralmente "zona fredda" è riconosciuta in corrispondenza delle fasce pedemontane e degli altipiani interni; un'altra, subtropicale (*garmsir*, area calda) domina le condizioni delle pianure. Qui, dove nel III millennio a. C. erano presenti i principali centri abitati, si vedono oggi grandi piantagioni di palme da dattero e agrumeti ricchi di limoni e aranci, irrigati soprattutto con pozzi artificiali (Mashkour *et al.* 2013).

Interessante è l'evidenza, per quanto riguarda la palma da dattero, dell'impollinazione artificiale, operazione di una complessità tale da indicare notevoli capacità di organizzazione da parte delle popolazioni protostoriche (Vidale 2020). Tra le fasce pedemontane e le pianure, specialmente nei terreni più aridi, vivono, tra le specie selvatiche, la gazzella Dorcas (*Gazzella dorcas bennetti* Sykes), l'emione (*Equus hermionus Pallas*), roditori, pernici (*Francolinus*, *Alectoris*, *Ammoperdix*), la pernice grigia di Jiroft (*Francolinus pondicerianus Gmelin*), l'ubara africana (*Chlamydotis undulata Jacquin*), quaglie (*Coturnix coturnix*), fagiani (*Phasianidae*), rapaci (poiana e nibbio bruno), lupi (*Canis lupus*), volpi (*Vulpes vulpes* e *Vulpes rueppelli*), iene (*Hyena hyena*), caracal (*Felis caracal*). In passato vi vivevano anche il ghepardo (*Acinonyx jubatus*) e il leone asiatico (*Panthera leo persica*) (Mashkour *et al.* 2013).

Nelle valli interne, e a quote più elevate, si trovano invece aceri, mandorli selvatici, pistacchio selvatico e ginepri. Gli animali caratteristici sono la pecora selvatica (*Ovis orientalis*), lo stambecco (*Capra aegagrus*), il leopardo (*Panthera pardus*), l'orso nero (*Selenarctos thibetanus*) e rapaci quali aquile e avvoltoi (Mashkour *et al.* 2013).

La fauna e la flora locale sono ben rappresentate nell'iconografia della cultura materiale prodotta in loco. Vi compaiono infatti palme da dattero, arbusti di ginepro, spighe di cereali ma anche serpenti, leoni, leopardi, avvoltoi barbuti, zebù, pecore, stambecchi, gazzelle come si può notare più nel dettaglio nella Figura 4 (Vidale 2020; Vidale *et al.* 2020; Vidale *et al.* 2021).



Figura 4. Motivi animali e vegetali incisi su vasi di pietra tenera scoperti nella valle dell'Halil Rud (Madjidzadeh 2003a, 18-19, 28, 34, 39): a) Coppa (H = 22 cm) con capra brucatrice; b) Vaso conico (H = 14,6 cm) con leoni e palme; c) Pecore e capre domestiche e selvatiche fluttuanti prelevate da coppa (H = 16 cm); d) Capre e pecore selvatiche fluttuanti con albero di ginepro ricavato da vaso cilindrico (H = 9 cm).

La ricostruzione di queste informazioni è stata resa possibile sia attraverso le analisi archeobotaniche e archeozoologiche, sia delle immagini rinvenute in ambito funerario. È interessante come sia stato possibile ricostruire, per esempio, la presenza, durante l'età del Bronzo, di due diversi tipi di orzo (uno decorticato e uno ottenuto dalla trebbiatura) che sono state poi individuate come impronte su mattoni di argilla. La pula ottenuta dalla trebbiatura dell'orzo, per di più, è stata utilizzata nel materiale da costruzione. L'importanza dei cereali va quindi oltre la produzione cerealicola (Mashkour *et al.* 2013).

1.2 Evidenze archeologiche

La storia insediativa nella valle dell'Halil Rud ha origini molto remote, con una continuità di vita dal tardo Neolitico fino alla grande crisi della vita urbana della seconda metà del III millennio a. C. (Vidale 2020). Proprio per tale continuità di vita è scorretta l'espressione "formazione statale secondaria" (Kohl 2007) riferita alla valle di Jiroft, che suggeriva la presenza di uno stato non sviluppatosi in loco in modo autonomo, ma influenzato da altri Stati circostanti più potenti e politicamente più maturi. La continuità di vita della valle dell'Halil Rud e della sua civiltà di Jiroft, infatti, indica un percorso intrapreso autonomamente e in modo assolutamente originale (Vidale, Frenez 2015).

La Tabella 1 riassume le diverse fasi degli insediamenti della valle dell'Halil Rud. Le datazioni proposte sono approssimazioni che si basano solo in parte sul radiocarbonio; per il resto, sulle variazioni diacroniche delle ceramiche.

DATAZIONE	PERIODI E FASI DI INSEDIAMENTO NELLA VALLE DELL'HALIL RUD
7150-6000 a. C.	Villaggi neolitici (fasi di Gavkoshi) nelle valli settentrionali, con ceramica dipinta, forse domesticazione del pistacchio
Seconda metà del V millennio a. C.?	Gaz Saleh (Pre-Mahtoutabad I a Hajiabad-Varamin) mal definita
Fine V-inizi del IV millennio a. C. (4100-3900/3800 a. C.)	Ceramica policroma, grandi capanne ovali (Mahtoutabad I)
Metà del IV millennio a. C. (3900/3800-3300 a. C.)	Ceramica di Aliabad (Mahtoutabad II)
Seconda metà del IV-inizi del III millennio a. C. (3300/3200-3000 a. C.)	Complesso (esogeno) con ceramiche di tipo "Proto-Elamico" (Mahtoutabad III)

Fine IV-inizi del III millennio a. C. (3300/3200-2800 a. C.)	Fase di Varamin
c. 2800-2300 (?) a. C.	KSS, insediamento urbano, prime due fasi di costruzione della Cittadella
c. 2500-2300 a. C.	Necropoli di Mahtoutabad (Mahtoutabad IV)
Fine del III-inizi del II millennio a. C.	KSN, strati sepolti sotto alla fortezza dell'Età del Ferro; 3a Cittadella di Konar Sandal Sud?

Tabella 1. Sequenza archeologica della valle dell'Halil Rud (Vidale 2020).

Il sito di Tappeh (o Tepe) Gavkoshi, scavato da Nader Alidadi Sulaimani, dimostra chiaramente che la valle del fiume Halil fu partecipe della cosiddetta rivoluzione neolitica (Vidale 2020). Sono infatti attestati resti di agricoltura di grano e di orzo nonché la proto-domesticazione della pianta del pistacchio. Gli animali addomesticati erano capriovini e bovini, mentre si cacciavano pecore selvatiche, l'emione, cinghiali e tartarughe (Shirazi 2019).

La fase cronologica successiva prende il nome di un piccolo centro abitato presso il sito di Hajiabad-Varamin, sito abitato tra il V millennio a.C. e l'epoca islamica (Eskandari *et al.* 2021). Gaz Saleh è infatti un piccolo villaggio vicino al margine sud-orientale del sito, situato a circa 5 km a sud-ovest di KSS. Vi è stata rinvenuta una ceramica molto simile a quella dei livelli più antichi di Mahtoutabad I, seppur priva di alcune delle forme peculiari (ciotole, bacini e giare con orlo cordonato), ma anche con alcune forme estranee a quelle di Mahtoutabad I (Vidale 2020). Della ceramica caratteristica di Mahtoutabad I si parlerà in maggior dettaglio oltre. È comunque molto probabile che in ogni tappa della sua evoluzione socio-culturale la valle abbia rappresentato un fondamentale snodo di passaggio delle reti internazionali tra Mesopotamia e Oriente iranico tramite le rotte del Golfo Persico, la regione del Kerman e, lungo i margini del bacino dello Jazmurian, le valli interne del Baluchistan (Vidale 2020).

I manufatti più noti associati alla valle di Jiroft sono oggetti in clorite, una roccia che si presenta con una vasta gamma di associazioni e composizioni mineralogiche, diverse per consistenza e colori. Gli oggetti presentano spesso inconfondibili decorazioni incise o a bassorilievo

quali un'ampia varietà di piante locali (palma da dattero, arbusti di ginepro e spighe di cereali), numerose specie di animali (serpenti, leoni, leopardi, zebù, stambecchi, gazzelle e avvoltoio barbuto) ma anche figure ibride, metà animali e metà umane. Tali immagini, forse parte di una perduta sfera mitologica, sembrerebbero testimoniare, almeno in parte, la flora e della fauna dell'Età del bronzo di quest'area. Altri minerali tipici sono bronzo, rame e lapislazzuli (Mashkour *et al.* 2013; Vidale 2020). È in corso un dibattito sul significato storico e archeologico della cultura scoperta a Jiroft: alcuni, infatti, suggeriscono che anche il poco sinora noto della sua cultura materiale potrebbe rappresentare una civiltà importante quanto quelle dell'antica Mesopotamia (Thomas 2013).

Nel corso del III millennio a.C., nel Vicino Oriente, i prodotti di artigianato della civiltà di Jiroft avevano avuto un'ampia diffusione, anche non era possibile individuare con precisione l'area geografica di produzione. Sono i numerosi frammenti in clorite rinvenuti, per esempio, nelle tombe reali di Ur ma anche a Susa, a Bismaya (l'antica città di Adab), a Khafaja e a Mari, come nel Golfo Persico (a Faylaka ma soprattutto a Tarut), in Asia Centrale e persino, anche se raramente, in India (Vidale 2020). Nel corso di questo millennio nella regione di Kerman e nelle aree circostanti nacquero centri abitati di varia importanza quali Shahr-i sokhta, Tepe Yahya, Bampur, Shahdad, Tali Iblis, e lo stesso insediamento di KSS (Dyson, Voigt 1990; Madjidzadeh, Pittman 2008; Lawler 2011). Fu almeno a partire della prima età del Bronzo (inizi del III millennio a.C.) che la valle di Jiroft divenne un importante punto di riferimento agricolo e commerciale.

Lo scavo di Tepe Yahya, sito a circa 90km a sud-ovest di Jiroft, portò in luce scarichi di un laboratorio con funzione di riciclo e di produzione di vari oggetti in clorite nello stesso stile dei reperti di Susa (Lamberg-Karlovsky 1970, 1971). Questa scoperta portò gli studiosi Carl Lamberg-Karlovsky (1975) e Philip Kohl (1978) a supporre che un'economia di prodotti di esportazione appositamente fatti in uno "stile interculturale" guidasse l'integrazione del sito a scala interregionale, attraverso riferimenti ideologici condivisi in tutta l'Asia Media e nel Vicino Oriente Antico. Oggi, però, questa ipotesi è stata in parte rivista, dato che si è compreso che le merci erano prodotte principalmente per essere distribuite e consumate in loco e non esportate (Pittman 2013). Ad ogni modo, per quanto riguarda il laboratorio di produzione dei manufatti in clorite e per la documentazione ceramica rinvenuta, si ritiene che nella seconda metà del III millennio a. C. l'insediamento di Tepe Yahya rientrasse nella sfera della realtà politica di Jiroft (Vidale 2020).

Nello stesso stile degli oggetti in clorite di Tepe Yahya sono stati rinvenuti altri vasi, sempre in clorite, nella necropoli di Shahdad (Hakemi 1997). Soltanto negli anni '90 si iniziò a ipotizzare che

tutte questi oggetti avessero un unico centro di produzione situato nella regione di Kerman, che tuttavia non si sapeva ancora dove collocare puntualmente (Collon 1998, Hakemi 1997). Fu in questo clima di ricerca che il sito di KSS attirò grande attenzione, quando i media iniziarono a parlarne nel 2002 a seguito dei numerosi saccheggi che purtroppo avevano investito la necropoli di Mahtoutabad (Vidale, Desset 2013), nonostante il sito con i suoi rilievi archeologici fosse stato già scoperto da Stein nel 1937.

Il primo insediamento urbano registrato a KSS ebbe fine poco dopo il 2400 a.C., probabilmente a causa della stessa siccità che potrebbe aver causato anche il crollo dell'impero accadico e dell'Antico regno in Egitto (Weiss *et al.* 1993; Booth *et al.* 2005). Il complesso della Cittadella, invece, sopravvisse nei secoli successivi. Bisogna ricordare che tale siccità colpì, anche se con esiti meno universalmente drammatici, pure la civiltà della valle dell'Indo (Dixit *et al.* 2014; Sarkar *et al.* 2016; Dutt *et al.* 2018) e le ancor più remote culture della prima età del Bronzo in Cina (Gao *et al.* 2007). Una seconda e più importante fase perdurò fino alla fine del II millennio a. C. (Gurjazkaite *et al.* 2018). Poi, fino all'inizio del I millennio a.C., la valle potrebbe essere stata colonizzata da nomadi tribali (Madjidzadeh, Pittman 2008). Alcuni dei manufatti datati ai periodi successivi implicano che Konar Sandal fosse rimasto un distretto importante anche durante l'era islamica (Eskandari *et al.* 2021; Madjidzadeh, Pittman 2008; Mashkour *et al.* 2013). Inoltre, Ibn ibrahim, storico persiano del XIII secolo, nella sua opera "Cronache dei Selgiuchidi" (*Tārīkh āl-i Salġūq*) si riferiva a Jiroft durante il periodo selgiuchide (XII secolo a.C.) come un importante centro commerciale tra l'Oriente e l'Occidente (Gurjazkaite *et al.* 2018).

I due rilievi archeologici che compongono il sito archeologico di Konar Sandal, KSS e Konar Sandal Nord (KSN), distano fra di loro circa 1,4km e sono situati lungo la strada che oggi congiunge le città di Jiroft e Kahnouj (Mashkour *et al.* 2013). Si è osservato come i due rilievi o *tepe* siano stati maggiormente risparmiati dall'ultimo evento alluvionale dell'Halil rispetto al resto della valle (Fouache *et al.* 2005).

A KSS sono state aperte sedici trincee di scavo che interessano principalmente un grande monticolo, alto circa 21m (trincee II, III, VI, VII, XII, XIII), e le aree circostanti (I, IV, V, VIII, IX, X, XI, XIV) la cui posizione è indicata più nel dettaglio nella Figura 5. Il monticolo principale, che prende il nome di Cittadella, è costituito da livelli sovrapposti di strutture monumentali in argilla. La Cittadella era inoltre circondata da un ampio muro spesso 10 metri e realizzato in mattoni di argilla che presentava una facciata di nicchie e semipilastri, seguendo un motivo ricorrente nello stile architettonico della civiltà di Jiroft (Madjidzadeh 2008; Vidale, Frenez 2015). Questi elementi

architettonici, per quello che si è potuto osservare anche in altri siti del Vicino Oriente, caratterizzavano le tombe e le costruzioni delle élite (Vidale 2020).

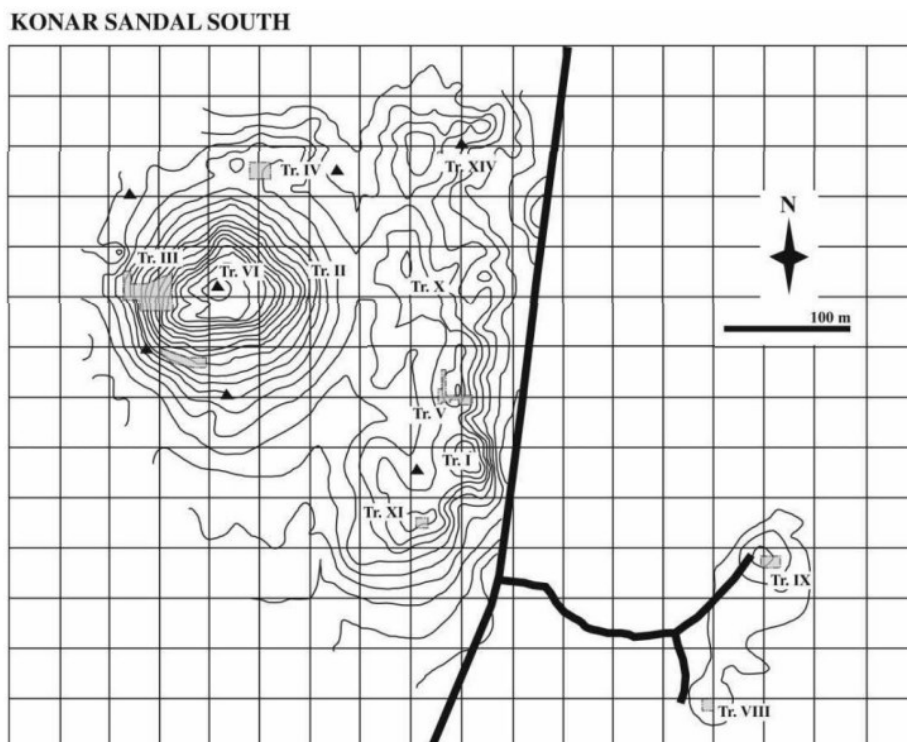


Figura 5. Mappa di Konar Sandal Sud (Mashkour et al. 2013).

Grazie alla presenza di alcuni reperti come impronte di sigilli o frammenti di vasi in clorite scolpiti rinvenuti nella Tr. III, siamo oggi in grado di affermare che questa parte del sito, in uso tra il 2500 e il 2200 a. C., la seconda Cittadella di KSS (v. infra), doveva essere dedicata a funzioni amministrative (Mashkour et al. 2013). I sigilli rinvenuti a KSS, inoltre, mostrano un forte collegamento con altri siti del sud-est dell'Iran, della Mesopotamia e della valle dell'Indo a riprova dell'importanza della valle del fiume Halil per le rotte di scambio che hanno caratterizzato la regione di Kerman durante la seconda metà del III millennio a.C. (Madjidzadeh 2008). Per esempio, un sigillo in terracotta con un disegno a trifoglio rinvenuto nella Tr. IX è una tipo attestata anche in insediamenti vicini a Shahdad, a Bampur e nel Turkmenistan. Nella Tr. V fu trovato un secondo sigillo prodotto da una pietra bianca che può essere paragonato ad un sigillo di Mohenjodaro. Infine, un sigillo in terracotta con disegni astratti della Tr. IX è paragonabile ai tipi trovati nel sito di Gilund nel Gujarat, poiché ricorderebbe iconografie della valle dell'Indo (Pittman 2013).

A KSS sono inoltre presenti anche delle statuette di figure umane e animali che potrebbero ricordare per alcuni aspetti stilistici quelle dell'Indo (Pittman 2013). In più, dal punto di vista gravimetrico/metrologico alcuni pesi (uno di forma quadrata e 12 di forma sferica) rinvenuti a KSS sono un'altra dimostrazione del collegamento con la valle dell'Indo (Kenoyer 1998). La presenza di

sistemi di peso originatesi in differenti contesti culturali e tra loro distanti indica sicuramente un complesso *network* commerciale all'interno dei quali operano diverse realtà (Ascalone 2020).

A conferma della funzione amministrativa svolta da quest'area va menzionato il ritrovamento nella Tr. XV di tre tavolette in terracotta scritte in una scrittura geometrica sino ad ora sconosciuta a cui fanno compagnia delle brevi iscrizioni in elamita lineare (Figura 6). In più, è stato rinvenuto anche frammento di tavoletta presso l'entrata dell'impianto palatino della Cittadella di KSS (Vidale, Frenet 2015; Madjidzadeh, Pittman 2008; Desset 2014).

Tre di queste tavolette associano la scrittura geometrica a brevi iscrizioni di tipo elamita lineare. L'archeologo iraniano Youssef Madjidzadeh (Madjidzadeh 2012; Desset 2014) e François Desset ipotizzano, con considerazioni diverse, che quella geometrica possa aver avuto valore fonetico. Si può osservare come la maggior parte dei segni geometrici siano stati impressi mentre l'argilla era ancora malleabile, mentre sembra che i segni elamita lineari fossero stati incisi più tardi, quando l'argilla si era già parzialmente essiccata (Desset 2014). Come spiegare questi segni aggiunti circa 4-5 ore dopo i precedenti? Può essere che si tratti di una sorta di firma ad opera di un controllore?

Nei tre documenti compaiono ricorrentemente sette segni: quadrato, cerchio, triangolo, griglia, tratto verticale, ovale e U capovolta. Dato il contesto del ritrovamento, presumibilmente un archivio privato, è possibile che le tavolette non registrassero attività di contabilità. Nessun segno infatti viene ripetuto due volte in successione, cosa che ci si potrebbe aspettare se si trattasse di un sistema di numerazione additivo. Negli archivi privati mesopotamici, a voler fare un confronto, erano spesso conservati contratti quali registri di vendite o di matrimoni. Le tavolette di KSS potrebbero quindi riportare i nomi delle persone soggette al contratto o i nomi dei testimoni (ipotesi che spiegherebbe la presenza di un diverso sistema di scrittura) (Desset 2014). L'uso simultaneo di due diversi sistemi di registrazione o scrittura potrebbe tuttavia suggerire, in alternativa, una procedura di riscontro successivo su quanto fatto da un diverso operatore o comunque su una funzione precedente conclusa dalla stessa filiera operativa. Se così fosse, ciò implicherebbe un certo livello di sofisticazione da parte di una amministrazione organizzata almeno su due livelli gerarchici (Accademia Nazionale dei Lincei 2021). Ad ogni modo, il messaggio delle tavolette di KSS rimane ad oggi ancora del tuttosconosciuto.

Poiché oggi sappiamo che la scrittura Elamita Lineare esprimeva una forma antica della lingua elamica (Desset *et al.* 2022), se si riuscisse a provare che queste tavolette (o altre che si troveranno a KSS) esprimessero anch'esse la lingua elamica, capiremmo forse che già nel III

millennio la stessa lingua usata a Susa (cioè lungo i confini del mondo mesopotamico) era parlata fino ai confini del Baluchistan (Accademia Nazionale dei Lincei 2021).

Le tavolette aprono però anche un problema cronologico in quanto sarebbero datate tra il 2500 e il 2400 a. C., ossia durante la seconda fase di vita della Cittadella di KSS, mentre sappiamo che a Susa i testi in Elamita Lineare risalgono al 2100/2000 a. C. (Desset 2014). Tuttavia, le iscrizioni rinvenute a Susa in Elamita Lineare potrebbero non appartenere esclusivamente a quel periodo, e in tal caso il problema non si porrebbe (Vidale 2020).

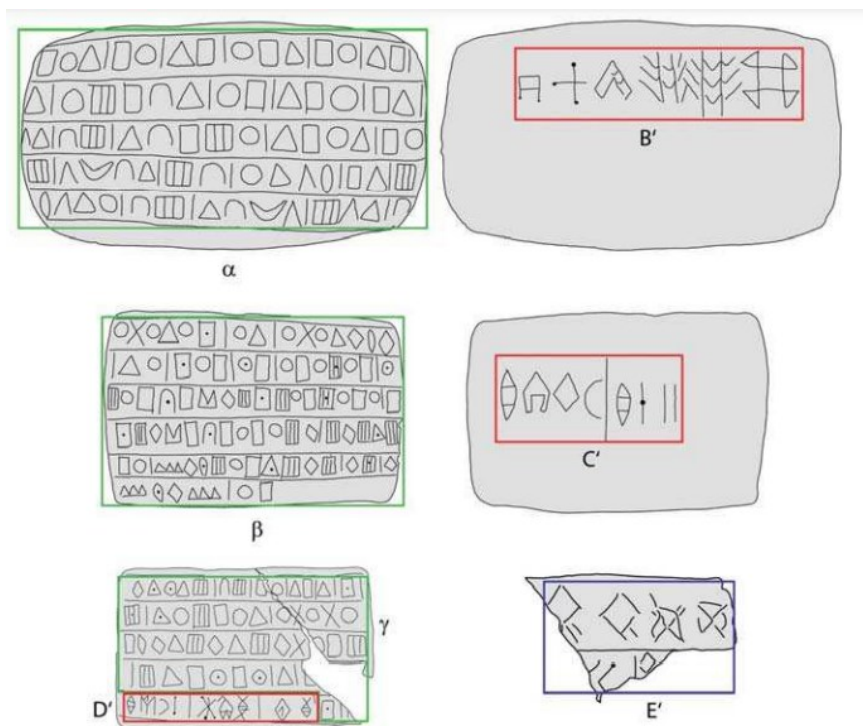


Figura 6. Le tre tavolette in terracotta rinvenute nella Tr. XV e il frammento di tavoletta rinvenuto all'entrata dell'impianto palatino della Cittadella di KSS. In verde scrittura geometrica; in rosso lineare elamita; in blu possibile scritta in lineare elamita (Desset 2014).

Durante l'età del Bronzo è probabile che un'estesa città circondasse la Cittadella poiché le Tr. IV, VIII, XI, XIV sembrerebbero indicare quartieri abitativi per la presenza e la disposizione degli edifici in mattone crudo con numerosi piccoli ambienti. In più, la Tr. V, situata a 140m ad est della Cittadella, ha permesso di individuare una costruzione in mattoni crudi sulla quale probabilmente venivano scaricati rifiuti quali ceramiche, ossa di animali, impronte di sigilli e resti di attività artigianali (Madjidzadeh 2008). La tr. IX, infine, ha esposto un vasto laboratorio metallurgico grazie alla presenza di scorie di rame, frammenti di lingotti, stampi e utensili (Madjidzadeh 2008).

Durante la fase di vita della seconda Cittadella, il primo complesso di KSS, probabilmente palatino, venne raso fino all'altezza di 1m e gli ambienti furono colmati con materiale di risulta. Su questo nuovo basamento fu eretto un secondo impianto monumentale, del quale è stata individuata una torre a pianta semi-circolare. In essa Madjidzadeh ha riconosciuto la parte superstite

di una grande porta di accesso, nei pressi della quale fu ritrovata una tavoletta in terracotta con due linee iscritte in un sistema affine all'Elamita Lineare. La porta sarebbe quindi stata inclusa in un secondo grande muro di recinzione. Si ritiene che in questa fase, in realtà, entrambi i muri fossero ancora in funzione, dando così l'idea di una struttura a terrazze sovrapposte (Vidale 2020).

L'unico ambiente sinora scavato all'interno di questo palazzo contiene una scultura in rilievo di una figura maschile stante con le braccia chiuse all'altezza del petto che si è conservata solo per 1,10m di altezza (Vidale 2020).

Nella terza fase di vita di KSS il secondo palazzo fu parzialmente distrutto lasciando in piedi solamente i muri portanti più spessi. Gli spazi interni furono riempiti da pile di blocchi di mattoni crudi misti a colate di fango. Attorno alla Cittadella fu costruito un terzo muro spesso ben 10m. Madjidzadeh sostiene che in questa fase fossero ancora in uso i muri della prima e della seconda fase. La terza e ultima Cittadella di KSS è quasi totalmente erosa e preservata soltanto in forma di vaste sostruzioni (Vidale 2020).

Le analisi al radiocarbonio hanno permesso di stabilire una prima cronologia per il sito di KSS. La prima Cittadella è datata tra il 2500 e il 2200 a. C., la seconda non più tardi del 2400 mentre la terza e ultima tra la fine del III e l'inizio del II millennio a. C. (Pittman 2012). Una rappresentazione schematica di questi tre diversi periodi è visibile nella Figura 7.



Figura 7. Indicazione schematica delle tre principali fasi di costruzione e ristrutturazione del complesso monumentale. Modificata da M. Vidale (Vidale 2020).

Il monticolo di KSN (Figura 8), alto circa 17m, è stato indagato tramite l'apertura di 26 trincee che hanno permesso di rivelare un'enorme costruzione in mattoni di argilla, la quale formerebbe una piattaforma a due livelli (Madjidzadeh 2008). Madjidzadeh vide in tali grandi resti di architetture in mattone crudo una grande piattaforma a gradoni dell'età del Bronzo, che erroneamente identificò come una enorme torre a gradoni o *ziggurat*. Quel che è invece ormai certo è che questo rilievo artificiale, anch'esso fortemente eroso, è il residuo di un'imponente costruzione dell'età del Ferro, probabilmente della prima metà del I millennio a. C. Probabili opere monumentali in mattoni crudi rivenute a sette-otto m di profondità sotto la costruzione dell'età del Ferro appartengono invece ad un periodo precedente, ossia il tardo III millennio a. C. (Vidale 2020; Mashkour *et al.* 2013).

A differenza di KSS, le piattaforme hanno offerto pochi contesti favorevoli per l'analisi bioarcheologica e sono quindi di più difficile interpretazione.

Le analisi del radiocarbonio testimoniano un periodo che va dalla fine del II millennio fino alla metà del I millennio a. C. (Mashkour *et al.* 2013), quindi il sito di KSN si colloca dopo la c.d. fase di Mahtoutabad IV (Vidale 2020).

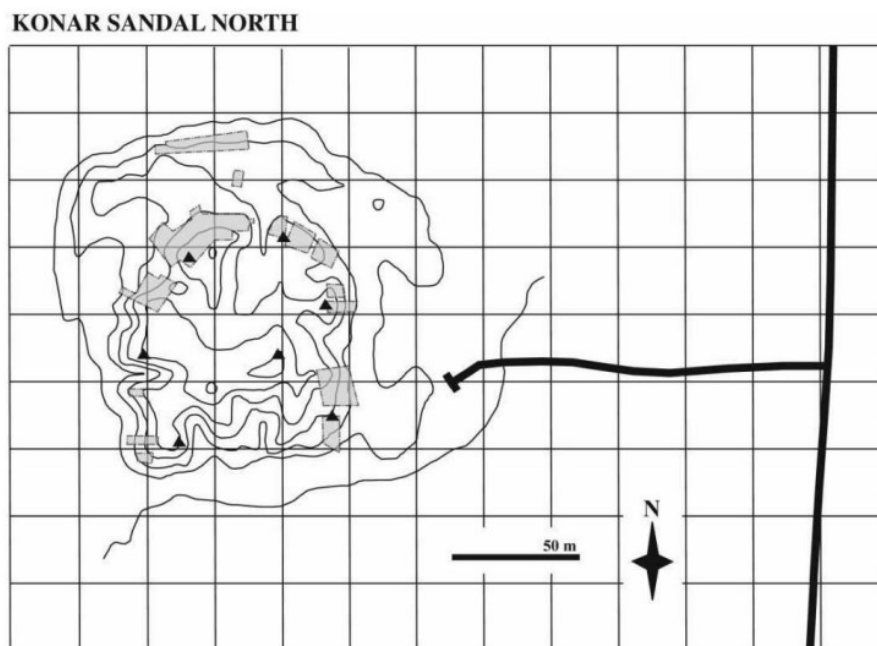


Figura 8. Mappa di Konar Sandal Nord (Mashkour *et al.* 2013).

1.2.1 La necropoli di Mahtoutabad

Mahtoutabad è il nome che è stato attribuito alla necropoli, oggetto di numerosi saccheggi, situata a circa 800m a est di KSS (si veda la Figura 9 per l'ubicazione), i cui scavi di recupero/emergenza ebbero inizio nel 2007. A tutt'oggi si tratta dell'unica necropoli saccheggiata della valle dell'Halil che sia stata oggetto di documentazione scientifica, per cui, in assenza di dati per quella di Hookerd, dalla quale provengono i denti studiati, viene qui discussa per esteso. La situazione fortemente disturbata di Mahtoutabad, in altre parole, può essere presa a modello preliminare per quella di Hookerd.

In un primo momento la necropoli si presentava con numerosi pozzi rettangolari (circa 1x2m, profondi fino a 3-5 m) dentro ai quali erano avvenuti i saccheggi (Vidale 2020). Intorno ai pozzi degli scavi clandestini si osservavano numerosi minuti frammenti di ossa umane e denti. Ovviamente simili rinvenimenti precludono in molti casi la possibilità di ricostruire il preciso contesto dal quale il nostro campione dentale proviene.

I materiali abbandonati dai saccheggiatori sulle tombe distrutte ci aiutano a intuire come probabilmente le sepolture più ricche fossero quelle poste nella parte più elevata del cimitero per essere meglio protette dalle frequenti inondazioni del fiume Halil (Vidale, Frenez 2015). Malgrado le distruzioni, la ricognizione del sito effettuata dalla Missione Archeologica Italiana nel Sud-Est dell'Iran rivelò che, al di sotto dei livelli che ospitavano le tombe della metà del III millennio a.C., vi erano almeno tre distinte fasi di occupazione precedenti.



Figura 9. L'area dei siti di Konar Sandal, con l'ubicazione del sito saccheggiato di Mahtoutabad (Vidale, Desset 2013).

La prima occupazione, Mahtoutabad I, ovvero quella che si trova al di sopra di un suolo vergine a 3,5-4m di profondità ed estesa per 1,5 ettari, risalire secondo 5 datazioni al radiocarbonio ad un periodo compreso tra il 4200 e il 3700 a. C. (Vidale, Desset 2013, Vidale 2020). Proprio a questa fase è attribuita una grande struttura, una capanna dalla forma ovale, in cui sono stati ritrovati frammenti di ceramica policroma, tracce di lavorazione di rame e di prodotti in pietre semipreziose (calcite, clorite e lapislazzuli). La capanna (Figura 10) presenta circa 9m in direzione nord-sud e 8 in senso est-ovest, dimensioni notevoli che spiegano e necessitavano la presenza di un palo centrale, la cui impronta era ancora ben conservata. L'alzato doveva essere realizzato con materiale vegetale rivestito di fango, mentre sul pavimento si trovano resti di vari focolari e di un piano rialzato in argilla probabilmente utilizzato con funzione di cucina (Vidale 2020). Sembra che gli abitanti della capanna ovale si occupassero non solo di piccole attività metallurgiche ma anche della produzione di vasi di alabastro (Vidale, Desset 2013).

Le ossa animali rinvenute appartenevano a bovini, un aspetto insolito considerando che nel millennio successivo la pastorizia nell'area coinvolgeva solamente capre e pecore (Vidale, Desset 2013).

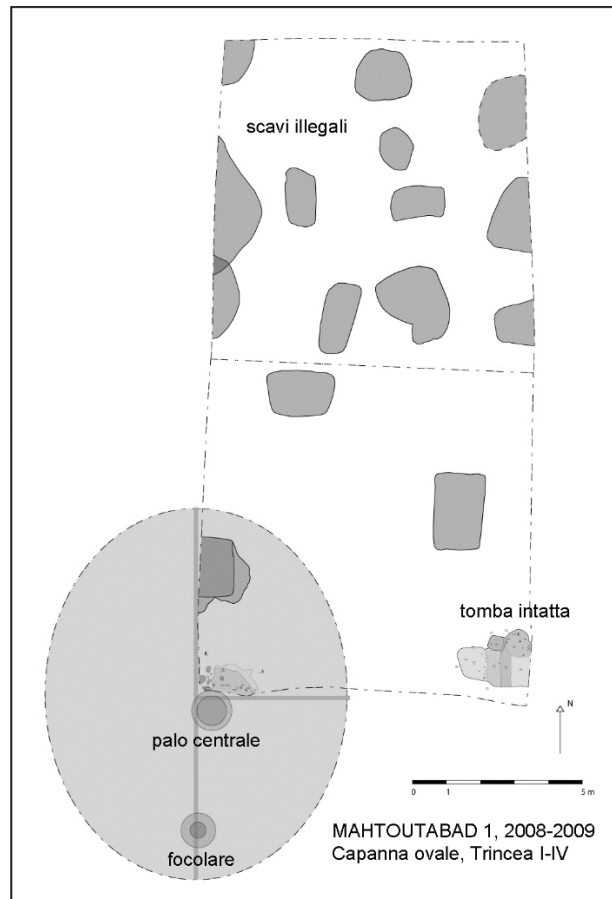


Figura 10. Mappa schematica della Tr. I-IV, 2008-2009, con localizzazione dei pozzi scavati dai clandestini, dell'unica tomba intatta (angolo sud-est) e ricostruzione, parzialmente ipotetica, di una grande capanna semi-interrata (9x8m) sorretta da un grande palo centrale. L'edificio è stato rinvenuto a circa 4m di profondità. Disegni F. Desset, E. Battistella, M. Vidale, A. Daneshi (Vidale 2020).

Si ipotizza un breve abbandono del sito tra il 3960-3710 a. C. e il 3700-3370 a. C. (Vidale, Desset 2013).

Le ceramiche rinvenute (se ne possono osservare alcune nella Figura 11) sono principalmente bacini subcilindrici o troncoconici, vasi subglobulari ristretti, ciotole emisferiche e vasi a piedi conici. I primi due gruppi presentano dei cordoni applicati a rilievo orizzontali al di sotto della bocca e per tale motivo appartengono alla classe della “ceramica cordonata” (Vidale, Desset 2013). Il repertorio della decorazione policroma che compare sugli altri due gruppi presenta disegni geometrici (linee orizzontali e verticali, cruciformi, fasci di linee ondulate, cerchi concentrici, file di puntini...) spesso dipinti di bianco. Alcuni vasi presentavano fasce color bruno mentre altri non erano decorati (Vidale 2020).



Figura 11. Tre bicchieri tronco-conici con decorazione policroma, periodo Mahtoutabad I, dalla capanna ovale parzialmente esposta nella Tr. I-IV. Foto M. Vidale (Vidale 2020).

Una seconda fase e successiva fase, chiamata Mahtoutabad II, cade nei secoli centrali del IV millennio a. C., ovvero tra il 3700 e il 3400 a. C. Questa fase, sinora mai scavata in estensione, prende il nome dalla “ceramica di Aliabad”, già dato a queste ceramiche da Joseph Caldwell durante i suoi scavi a Tal-i Iblis (Caldwell 1967). Essa presenta pareti molto più spesse ed è dipinta in maniera più approssimativa se confrontata con la ceramica di Mahtoutabad I (per avere un’idea delle caratteristiche si veda la Figura 12), della quale rappresenta il diretto sviluppo. Tutta la policromia della prima fase è sostituita da un repertorio più ristretto di colori che comprende varie sfumature del bruno e il nero, con qualche tratto o punti di bianco (Vidale 2020).

L'apparato decorativo di Mahtoutabad II è più semplice e presenta pannelli o metope verticali, fasce e tratti orizzontali, festoni concentrici e losanghe. A volte è decorata sia nella superficie esterna che in quella interna. La ceramica di Mahtoutabad II spesso, al posto dei cordoni a rilievo tipici della fase precedente di Mahtoutabad I, mostra una linea irregolare incisa che corre sotto l’orlo (Vidale, Desset 2013).



Figura 12. Ceramiche della tradizione detta di Aliabad (circa 3700-3400 a. C.) dai corredi delle tombe della necropoli di Khaje Askar, presso Bam (Kerman, Iran). Modificato da Soleimani et al.

Questa fase della necropoli è risutata, nella limitata area che si poté scavare, priva di resti architettonici. Tuttavia, nelle valli immediatamente ad ovest di Jiroft sono stati individuati numerosi insediamenti con muri fatti di pietre fortemente patinate al sole. Le abitazioni avevano misure e forme compatibili con la capanna ovale e la ceramica individuata è senza ombra di dubbio quella di Aliabad (Vidale 2020).

Mahtoutabad III, la fase successiva, è caratterizzata dalla presenza di ceramica che richiama fortemente quella dell'altopiano iraniano centro-orientale durante il periodo dell'Uruk Medio e Tardo. Questa fase è collocata tra la metà e la fine del IV millennio a.C. Le ceramiche (si veda la Figura 13 per avere un esempio) rientrano nella tipologia dei primi complessi cosiddetti Proto-Elamici proprio perché richiamano altre ceramiche rinvenute in siti che utilizzano l'omonimo sistema di scrittura: i primo luogo, le cosiddette "ciotole a bordo tagliato" o *bevelled rim bowls*. I vasi, infatti, richiamano fortemente quelli di Susa XVIIa, a dimostrazione dei forti legami fra queste due terre, forse attivi per via di mare. Anche questa fase al momento non ha restituito resti

architettonici. Furono comunque trovati numerosi vasi completi o quasi completi che non hanno somiglianze con quelli di Mahtoutabad II (Desset *et al.* 2013).

La produzione comprende le ciotole a bordo tagliato, alti vasi tronco-conici, giare a corpo allungato, fondo appuntito e beccuccio versatoio, giare globulari con ansa a nastro e spalla con multiple linee incise. Tutte le forme sono praticamente prive di decorazione, così come era tipico nella Mesopotamia meridionale nel tardo periodo Uruk della seconda metà del IV millennio. Si pensa che la ceramica di Mahtoutabad III sia stata prodotta da e per una comunità di non autoctoni e che tale tipologia di prodotti ceramici non abbia avuto particolarmente successo, dato che la produzione si protrasse solo per una parentesi che potrebbe essere collocata dal 3400 a. C. fino all'inizio del III millennio a. C. Tuttavia, non sono stati rinvenuti elementi determinanti a confermare la famosa teoria dei *world systems* coloniali quali, per esempio, vaste distese di scarti di lavorazione o magazzini per stoccare le merci (Vidale 2020).



Figura 13. Mahtoutabad, 2009, Tr. V. Giara a corpo allungato in una insolita ceramica dal colore rosso chiaro, c. 3400-3100 a. C.
Foto M. Vidale (Vidale 2020).

In questo stesso orizzonte cronologico è stato rinvenuto un elemento a ulteriore conferma dei contatti con la Mesopotamia nella trincea XIV di Konar Sandal Sud. Si tratta di un “sigillo delle città”, ossia un blocchetto di argilla cruda impressa con gruppi di segni che sono associati alla città di Ur nella Mesopotamia meridionale. Il sigillo è datato al Periodo Protodinastico I, ossia, in termini di cronologia assoluta, non oltre al 2900 a.C. Trattandosi della chiusura di una porta, probabilmente serviva a proteggere un magazzino o comunque una stanza contenente dei beni di particolare valore (Vidale 2020).

Rientra nel III millennio a. C., probabilmente tra il 2500 e il 2300 a. C., il grande cimitero di Mahtoutabad IV che si estende per circa 6 ettari di superficie. Le sepolture più ricche erano quelle situate nella parte più elevata del cimitero, come suggerito dalla topografia e dai materiali abbandonati dai saccheggiatori. Nonostante il numero esatto sia impossibile da calcolare a causa delle irreparabili perdite dovute agli scavi clandestini, si è calcolato che ci fossero circa 9 sepolture ogni 100mq anche se il numero originario era sicuramente molto più elevato (Vidale, Desset 2013). Si ipotizza così che le tombe distrutte dagli scavi illegali siano state circa 800-1000 (Vidale 2020).

Frammenti di vasi rotti e abbandonati dai saccheggiatori sono stati fortunatamente recuperati e le decorazioni riscontrate corrispondono a quelle tipiche della civiltà dell'Halil Rud (palme da dattero, serpenti, scorpioni, esseri ibridi ed altro). Sono inoltre emersi piccoli elementi di intarsio come madreperla, calcare bianco, turchese, lapislazzuli e calcare rosso (Vidale, Desset 2013).

È doveroso menzionare l'unica sepoltura intatta databile tra il 2500 e il 2400 a.C. individuata e scavata sul sito. Si può intuire come, in occasione del banchetto funebre, fossero stati offerti una bevanda e quattro zampe inferiori di una pecora o capra. Dopo accurati studi si è potuta ricostruire una cerimonia funebre di 5000 anni fa grazie ai dati di scavo e alle considerazioni di ordine tafonomico:

“Al mattino dopo la fine della veglia, il capo famiglia uccise la pecora. [...] La famiglia si recò al cimitero, dove i servi avevano scavato un pozzo di forma trapezoidale, di circa 1,10x1 m di ampiezza, e 2,20 m di profondità. Uno dei partecipanti scese nel fondo dello scavo, vi pose le zampe dell'animale e, a fianco, una piccola giara che conteneva il vino di rito. Poi, furono calati all'interno alcuni cesti di terra, per seppellire sul fondo, per uno spessore di un piede o poco più, le offerte per i signori dell'oltretomba, ed annunciare l'arrivo di un nuovo venuto. I preparativi del banchetto funebre, nel frattempo, erano terminati. Mentre si consumava il pasto, e si svolgeva la cerimonia collettiva, i servi entrarono nel pozzo, e iniziarono a scavarvi, da un lato, una camera laterale di forma quadrata, alta 1,50 m, ed ampia circa 1,70x1,70 m. [...]

Alla fine della festa funebre, la famiglia, invitati e commensali si recarono in corteo al luogo di sepoltura. Il corpo della defunta era stato avvolto in un sudario bruno, fissato alla vita con una cintura di stoffa alle cui estremità erano state fissate due delle sue perle più belle e più care - una in cornalina con eleganti venature bianche, l'altra in eliotropio, diaspro rosso e giallo con piccole chiazze verdi, che erano state da lei indossate, con molte altre, come parte del corredo nuziale.

Sulla superficie della stuoia, al centro della camera, fu posta, prima di tutto, la coda della pecora con il grasso, una delle parti migliori del pasto funebre, così condiviso con la defunta. A ricordare la festa,

il banchetto e il focolare della famiglia, accanto alla coda uno dei congiunti più prossimi pose una manciata di terra scottata, cenere e carboni. Poi fu deposta la parte dei vasi del corredo più direttamente legata alle attività quotidiane: un'olla globulare per cuocere e delle ciotole colme di cibo (delle paste di cereali, e un trancio di carne di squalo essiccata, cotto durante la festa) furono collocati su di un lato della camera, dove sarebbero state collocate le gambe, insieme all'elegante vaso di rame, sigillato da un spesso coperchio di legno di palissandro, nella quale la donna teneva un preparato cosmetico di colore giallo.

[...] Un vaso di alabastro bianco dalle attraenti venature traslucide, contenente un belletto rosso mescolato a una sostanza grassa, fu deposto all'altezza del ventre, davanti alle perle che chiudevano la cintura. I due più fini ed eleganti del corredo - un'olla cilindrica rossa dipinta in nero, e un vaso globulare con beccuccio versatoio, anch'esso dipinto - furono collocati davanti agli avambracci. La defunta era pronta per il suo ultimo viaggio.

L'accesso della camera fu schermato con un'altra stuoia, e con una trentina di paletti cilindrici, alti circa 50 cm, e spessi 3-4 cm si costruì un piccolo steccato di chiusura. [...] Il pozzo fu riempito con la terra precedentemente scavata. Sulla superficie dell'accesso, si pose, capovolto, un grosso bacino fatto di ceramica rossa, grossolana, che recava all'esterno segni di cordicelle [...].” (Vidale 2020)

Questa descrizione, attraverso una ricca narrativa, ci aiuta a comprendere come i denti recuperati nell'inesplorata e devastata necropoli di Hookerd qui studiati non siano da intendere come un neutro ed isolato reperto bioarcheologico, ma siano tutto quanto al momento ci è giunto di una cultura viva e "umana" come tutte le altre.

1.2.2 La problematica storia degli scavi

A partire dagli anni '30 del Novecento, Sir Aurel Stein, archeologo britannico, aveva avviato una mappatura e dei rilievi informali nella regione di Kerman, per confermare le sue ipotesi sull'importanza di quest'area nell'evoluzione sociale dell'Iran sud-orientale. Ulteriori indagini nell'area di Kerman sono poi avvenute negli anni '60, come a Bampur, a Tepe Yahya e nei cimiteri di Shahdad. I dati restituiti hanno permesso di abbozzare un quadro, oggi ben delineato, di una cultura fiorente nel corso del III millennio a. C. (Pittman 2012; Eskandari *et al.* 2021). Fino agli anni '60, sulla base di testi cuneiformi, si era invece pensato che gli unici due centri predominanti in Iran nell'età del Bronzo fossero unicamente Susa e Anshan (capitali storiche dell'Elam). Questa considerazione è stata oggi rivalutata, nonostante l'importanza delle due capitali non venga messa in discussione (Ascalone 2019).

Frammenti di vasi in clorite databili al III millennio a. C. sono stati rinvenuti nella lunga stagione degli scavi agli inizi del Novecento che hanno riguardato, come già detto, l'insediamento di Susa. Altri frammenti di vasi nello stesso stile erano stati rinvenuti a Mari nel 1933, ma non ne si era saputa collocare la provenienza (Vidale 2020; Vidale, Desset 2013). Nel 2001, nel corso di una delle catastrofiche alluvioni che caratterizzano il fiume, numerose tombe emersero alla luce. All'epoca in cui l'abitato era ancora in funzione, l'argine doveva elevarsi di 1-2m più in alto della pianura circostante e quindi proteggere le tombe dai rischi più immediati di allagamento, fino a quando le aree pianeggianti non furono sigillate da spessi strati alluvionali limosi, presumibilmente in epoca storica (Vidale 2020). Senza questa esondazione e la recente distruzione dei saccheggiatori, i sottostanti insediamenti non sarebbero mai stati ritrovati perché sulle superfici coltivate non erano visibili sopraelevazioni artificiali o dispersione di reperti (Desset *et al.* 2013).

Questa scoperta, inaspettatamente, è stata un amaro colpo per i futuri archeologi che avrebbero cercato di ricostruire le vicende della valle di Jiroft. Fin da subito, infatti, l'area è stata oggetto di saccheggi sistematici e commerci illegali da parte di chi aveva colto le potenzialità del sito e ne ha tratto una fonte di guadagno rivendendo sul mercato nero i manufatti depredati e contrabbandati all'estero. Quando le autorità iraniane decisero di intervenire, un danno irreparabile e consistente era ormai già compiuto (Vidale, Frenez 2015). Gli scavatori di frodo avevano addirittura realizzato delle gallerie orizzontali che collegavano una sepoltura all'altra (Desset *et al.* 2013). Si deve supporre però che numerosi reperti siano stati individuati anche prima del rovinoso saccheggio del 2001, come dimostrato dalle preesistenti collezioni di alcuni privati e di alcuni musei (Vidale 2020).

A partire dal 2002 la direzione degli scavi di quest'area archeologica è passata sotto la guida di Yousef Madjidzadeh, archeologo iraniano trasferitosi in Francia in seguito alla Rivoluzione Islamica del 1978. Le sue ricerche sono state di fondamentale importanza nell'attribuire alla valle dell'Halil una dignità pari a quella mesopotamica (Vidale 2020).

La pubblicazione del primo volume sui reperti rinvenuti nell'area fu edita nel 2003 con il titolo di "Jiroft: The Earliest Oriental Civilization" di Youssef Madjidzadeh. Il titolo accattivante, ma scientificamente inaccettabile, da un lato animò gli investimenti nel turismo e il sostegno negli scavi da parte delle popolazioni locali, ma dall'altro fecero perdere credibilità alle nuove e sensazionali scoperte (Vidale 2020). In particolare, si ricorda lo scetticismo dello statunitense Oscar White Muscarella che nel 2001 riteneva la scoperta di Jiroft una truffa orchestrata da falsari con la complicità degli archeologi, scetticismo che proprio con l'uscita di questo volume, a causa della sua scarsa attendibilità, riprese vita (Muscarella 2001).

Nel 2008 la direzione degli scavi di recupero a Mahtoutabad fu affidata a Massimo Vidale dell'ISMEO e dell'Università degli Studi di Padova. L'anno precedente era entrato a far parte del *team* di scavo anche François Desset, in seguito autore, con altri, della decifrazione finale della scrittura elamita lineare, quando altri studiosi ritenevano che le iscrizioni di questo tipo fossero imitazioni senza senso del cuneiforme accadico (Vidale 2020).

Di indubbia importanza è stato anche il contributo di Holly Pittman, esperta di arte glittica del dipartimento di storia dell'arte dell'Università della Pennsylvania e curatrice nella sezione del Vicino Oriente del Museo di archeologia e antropologia della stessa Università, i cui studi sono stati di fondamentale importanza per consolidare l'idea di scambi a lunga distanza con la Mesopotamia e la valle dell'Indo. Oggetto di analisi sono stati i sigilli cilindrici e a stampo con immagini distintive della regione. Rinvenuti nell'insediamento abitativo di KSS, i sigilli sono tutti databili con sicurezza alla seconda metà del III millennio a. C. Si tratta di chiari indicatori di pratiche amministrative e la loro assenza in siti minori della valle di Jiroft (come Tepe Yahya) mostrano che l'attività amministrativa che lì si svolgeva non aveva bisogno di essere legittimata attraverso impronte di sigilli. I dettagli di questi scambi sono anche registrati dai testi cuneiformi della Mesopotamia (Pittman 2013).

Quando nel 2007 iniziò l'indagine della necropoli di Mahtoutabad si passò prima di tutto al setaccio della terra smossa dagli scavi illegali, lavoro che permise di stabilire con certezza che i vasi in clorite erano di provenienza locale (Vidale 2020). Questa constatazione ha contribuito a rendere inadatte espressioni come "stile transelamita" o "stile interculturale". La seconda, in particolare,

appare non sono solo fuorviante ma anche riduttiva considerando che proprio quest'area era stata il centro della produzione dei manufatti in clorite scolpiti che tanto ebbero successo, specialmente nei contesti funerari delle élite locali (Vidale, Frenéz 2015). Quando si parla di "stile interculturale" si sottintende infatti che l'artigianato dell'Iran orientale si sia specializzato nella produzione di uno stile progettato per le élite di una macroregione. Quest'ottica globalizzata e globalizzante è ritenuta almeno in parte incorretta in quanto oggi è chiaro che questi oggetti erano decodificabili solo dalla cultura che li produceva e il loro ritrovamento in Mesopotamia è da spiegarsi unicamente nell'ottica dell'importazione e dell'accaparramento reale di prestigiosi prodotti esotici. Infine, si tratta di un'espressione particolarmente controproducente in quanto potrebbero appellarsi i trafficanti ai quali la Repubblica Islamica dell'Iran richiede la restituzione dei beni esportati illegalmente (Vidale 2020).

Le difficoltà incontrate nel corso dei primi e forse più infruttuosi anni dagli archeologi furono dovute in particolar modo dalla devastazione che gli scavi clandestini avevano lasciato (Vidale 2020).

1.2.3 L'identificazione con Marhashi: dati, ipotesi e teorie

Dopo le scoperte di Tepe Yahya negli anni '70, ci si è interrogati sulla posizione di Marhashi (Lamberg-Karlovsky 1970, 1971; Kohl 1978, 2007), la *polity* della quale più spesso si fa menzione in Mesopotamia nei testi della fine del III millennio a.C., e famosa per le sue gemme. Infatti nelle fonti si parla di una grande potenza politica, economica e commerciale dell'Iran orientale in stretto contatto e per un lungo periodo (almeno 500 anni) con la Babilonia durante il regno di Sargon di Akkad (2335 a.C. - 2279 a.C.) e dei suoi successori, fino al 2200 circa (cronologia media) e nel successivo periodo di Ur III (circa 2200-2000 a.C.).

L'individuazione della produzione di vasi in clorite nel sito di Tepe Yahya ha spinto gli storici a chiedersi se proprio in questo sito si potesse identificare la terra di Marhashi, dal momento che molti di questi vasi erano stati importati in Mesopotamia come bottino proveniente dall'Elam e Marhashi - per esempio, nel tempio di Inanna a Nippur, nel tempio del Sin a Eshnunna e nel cimitero reale di Ur (2600 - 2400 a.C.). Nelle fonti cuneiformi sono spesso menzionati come tipici prodotti di Marhashi oggetti fatti con due pietre, chiamate in akkadico *duḥ-ši-a* e *marḥušu* che Steinkeller 1982 accosta a clorite e steatite. L'analisi di Steinkeller ha basi geografiche e materiali. L'insediamento di Tepe Yahya nella seconda metà del III millennio a.C., e il suo laboratorio dove si processavano simili pietre, era certamente la sfera d'influenza di Marhashi (Vidale 2020), cosa che suffragherebbe l'identificazione geografica proposta. Dei contatti diretti tra Marhashi e la Mesopotamia siamo a conoscenza anche grazie alla presenza di sigilli con temi mesopotamici rinvenuti nelle Tr. III e V di KSS. Il sigillo sumerico della città di Ur proveniente dalla trincea XIV di KSS può essere datato tra il 2900 e il 2600 a. C. circa, quindi forse addirittura 600 anni prima di qualsiasi fonte scritta (Pittman 2012).

Le evidenze materiali di contatto con la regione di Marhashi sarebbero quindi ben anteriori ai riferimenti testuali (Steinkeller 2014). Un altro elemento a favore dell'identificazione di Marhashi con la civiltà di Jiroft è un tipo di arpa o lira conosciuta come *parašitu* ossia "quella di Marhashi", datata all'Età paleobabilonese (Figure 14 e 15). Immagini di questo particolare strumento, rappresentato con grande chiarezza su un vaso rinvenuto ad Adab, sono affiorate in Iran, Battriana, Sogdiana e India il che rende certa la provenienza da questa macroarea geografica (Steinkeller 2012).



Figura 14. Vaso di Adab (Frankfort 1970, p. 40)



Figura 15. Dettaglio iconografico dal vaso di Adab: i suonatori di arpa (Stauder 1957, p. 16)

Va comunque sottolineato che l'identificazione della duhsia con la clorite è tutt'altro che certa, dato che probabilmente fa invece riferimento ad una classe di minerali di colorazioni che tendono al verde (Vidale 2020); ed è importante però sottolineare come, fino al 2009, ovvero durante gli studi e le ipotesi di Steinkeller, nel sito di KSS non fosse stato rinvenuto alcun laboratorio per la produzione intensiva dei vasi in clorite come quello di Tepe Yahya (Vidale 2020).

L'ex direttore degli scavi di KSS, Youssef Madjidzadeh, aveva localizzato il punto focale della civiltà di Marhashi nel mitologico sito di Aratta, mentre Piotr Steinkeller presentava così prove convincenti desunte dai testi accadici e di Ur III dell'identificazione della valle dell'Halil Rud con l'antica nazione di Marhashi.

Le fonti antiche, inoltre, affermano con certezza che Marhashi è situata ad est di Anšan (la moderna città di Tell Malyan) e ad ovest di Meluhha (nome sumerico della valle dell'Indo), motivo per cui Steinkeller sostiene che si trovi da qualche parte nella regione di Kerman. Prima delle indagini a Konar Sandal era però impossibile identificare un sito del III millennio nella regione del Kerman che potesse il candidato ideale, ossia un sito con un'organizzazione politica ed economica pienamente consolidata (Steinkeller 2012).

Relazioni economiche, sociali e politiche tra Mesopotamia, Marhashi e Meluhha sono attestate dalle fonti. Si menziona inoltre il paese di Kuppīn, su cui però al momento si sa ancora poco (Wright 2016). Nel periodo accadico, secondo le fonti, Sargon fece varie incursioni nella regione e il figlio, Rimush, affermava di aver annientato sia Marhashi che l'Elam. Forse le incursioni non si svolsero così come vengono tramandate, ma sono un utile indizio della percezione che la Mesopotamia aveva degli spazi geografici e delle entità politiche note. Possiamo quindi immaginare che Marhashi fosse al suo apice durante i resoconti di Rimush, periodo su cui invece le testimonianze archeologiche del sito di KSS al momento dicono ancora poco. Si intuisce inoltre che Marhashi

doveva essere una considerevole potenza visto l'orgoglio che emerge dai testi accadici per la sua presunta disfatta (Steinkeller 2014). Queste fonti confermano comunque che Marhashi si collocava a est di Anshan e dell'Elam e a ovest di Meluhha (Steinkeller 1982, 2012).

Nelle fonti si fa inoltre riferimento a Meluhha e Kuppin (per una maggiore precisione riguardo alla posizione geografica si veda la Figura 16) come stretti alleati di Marhashi probabilmente tramite accordi matrimoniali. Infatti, si ricorda che un principe della casa regnante di Akkad, probabilmente il figlio di Naram-Sin, si recò a Marhashi per prendere in sposa la figlia del re. Sempre in questo clima politico di alleanze, si racconta di ambasciatori di Marhashi stabiliti nella corte di Ur. L'alleanza tra Marhashi e Mesopotamia durò fino al periodo Ur III, probabilmente grazie a questi accordi matrimoniali, quando Marhashi scomparve dai registri cuneiformi e passò sotto il controllo di una ancora in parte misteriosa forma politica nota con il nome di Shimashki (Steinkeller 2014).

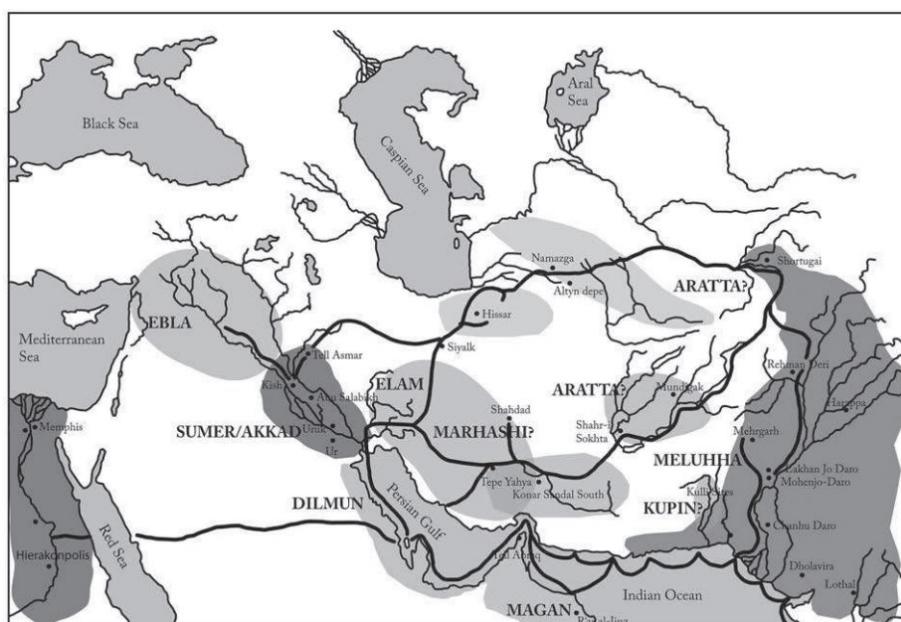


Figura 16. Collocazione geografica di toponimi storici desunti dai testi cuneiformi (Wright 2016).

Secondo Steinkeller, Marhashi includeva l'area del fiume Halil e la valle di Bampur (Steinkeller 2014). Steinkeller ipotizza inoltre una fioritura commerciale della civiltà di Marhashi nel corso del XXI secolo, che tuttavia contrasta con l'abbandono che oggi conosciamo del sito di Konar Sandal Sud all'inizio del XXIV secolo. Data inoltre l'assenza di prove di abitati nel XXI secolo bisogna essere molto cauti nel sostenere tale ipotesi (Vidale 2020). Recenti ricognizioni nella valle, e nei pressi di KSS, potrebbero tuttavia in breve cambiare totalmente le cose.

CAPITOLO 2

MATERIALI E METODI

2.1 Anatomia macroscopica del dente

Il dente (Figura 17) è una struttura del corpo umano particolarmente dura e calcificata situata nella mascella la cui funzione è quella di scomporre il cibo. I denti sono costituiti da molteplici tessuti di varia densità e durezza: smalto, dentina e cemento. È presente una parte organica (vascolarizzata e innervata) conosciuta come polpa, situata al centro del dente e protetta dalla dentina, un tessuto connettivo calcificato. La corona del dente, ossia la parte più facilmente visibile dall'interno della cavità orale, è ricoperta da un materiale estremamente duro ma allo stesso tempo fragile: lo smalto. La radice è invece la parte del dente che ancora il dente alla mascella ed è ricoperta dal cemento, un tessuto simile all'osso (White, Folkens 2005; Schroeder 1991).

A livello microscopico, i tre tessuti del dente (smalto, dentina, cemento) sono separati fra di loro da quelle che si configurano come due linee distinte: la giunzione tra lo smalto e la dentina è chiamata giunzione amelo-dentinale (o Enamel-Dentine Junction, EDJ), mentre quella che separa il cemento dalla dentina è detta giunzione amelo-cementizia (o Cement-Enamel Junction, CDJ). (White, Folkens 2005).

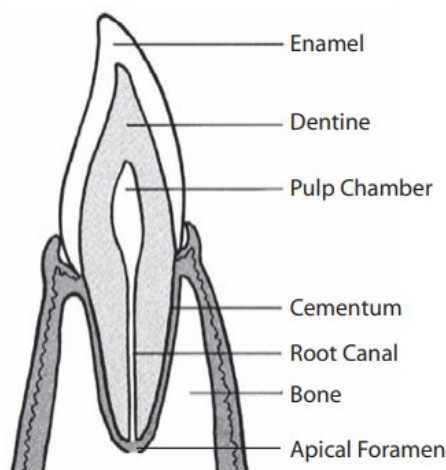


Figura 17. Anatomia del dente (White, Folkens 2005).

Alcuni animali sviluppano una sola serie di denti nel corso della loro vita e per tale motivo sono definiti monofiodonti. L'uomo, invece, è definito difiodonte poiché sviluppa due dentizioni: una decidua e una permanente. I denti decidui (più comunemente conosciuti come "denti da latte") sono i primi a formarsi e ad erompere nella cavità orale, per poi venire sostituiti dai denti permanenti, durante l'infanzia, che accompagneranno l'individuo per tutto il corso della sua vita. La dentizione decidua è composta, per ogni arcata dentale, da 4 incisivi, 2 canini e 4 molari. La

dentizione permanente, invece, è composta, rispettivamente per ciascuna arcata, da 4 incisivi, 2 canini, 4 premolari e 6 molari (White, Folkens 2005). Dal momento che per un certo periodo la dentizione decidua e quella permanente coesistono, si può allora parlare di dentizione mista (Hillson 2014).

L'identificazione della classe dentale specifica di un determinato dente, ovvero delle quattro classi che distinguono morfologicamente i denti fra di loro, avviene attraverso le lettere I (incisivi), C (canini), P (premolari) e M (molari). Le lettere maiuscole si riferiscono alla dentizione permanente mentre le lettere minuscole denotano la dentizione decidua. La posizione, inoltre, è indicata da numeri che si riferiscono alla posizione che il dente occupa nella fila dei denti (Figura 18). Nel corso dell'evoluzione degli ominidi, due dei quattro premolari primitivi sono andati perduti e per questo motivo si numerano i due rimanenti oggi giorno come terzo e quarto premolare in memoria della composizione originaria. I denti superiori e inferiori sono indicati mediante apice o pedice dei loro numeri di posizione (White, Folkens 2005). Infine, è opportuno specificare se il dente è destro o sinistro indicando, dopo il numero posto come pedice, con la sigla sx se il dente è di sinistra o dx se il dente è di destra. Per esempio, la dicitura i^1dx fa riferimento all'incisivo superiore deciduo centrale situato a destra, mentre la dicitura M_1sx indica il primo molare permanente inferiore di sinistra.

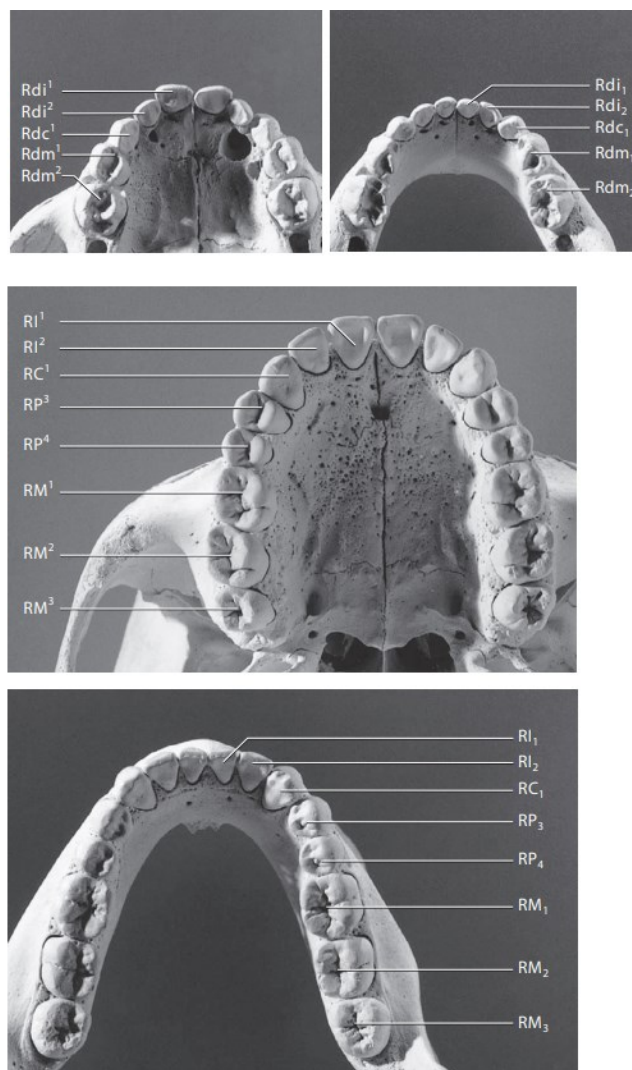


Figura 18. Dentizione decidua (in alto) e permanente (al centro e in basso) con indicazione della stenografia appena illustrata (White, Folkens 2005).

Ogni dente, a seconda della direzione da cui viene osservato nell'arcata dentale, possiede in tutto quattro superfici, ciascuna con un proprio nome (Figura 19). La facciata mesiale del dente è la più vicina al punto in cui gli incisivi centrali entrano in contatto tra loro, mentre la facciata distale è il suo opposto. Queste due superfici permettono di dividere l'arcata mascellare e mandibolare in due parti fra loro uguali e antimerie. La superficie labiale della corona del dente è direzionata verso la lingua e la superficie labiale/buccale è il suo opposto. Nello specifico, il piano labiale si riferisce solitamente agli incisivi e ai canini mentre quello buccale è solitamente utilizzato per riferirsi a molari e premolari. Se osservato verticalmente, invece, il dente possiede due superfici: una oclusale (preposta alla masticazione) e una apicale. Questa nomenclatura è di particolare utilità per orientare il dente qualora sia sconnesso dalla cavità orale (White, Folkens 2005).

Sulla superficie di molari e premolari sono presenti dei rilievi noti come cuspidi, ciascuna con un proprio nome specifico (Figura 19). Le quattro cuspidi principali dei molari superiori e dei quarti

premolari decidui superiori sono conosciute come cuspidi mesiobuccale (*paracone*), cuspidi mesiolinguale (*protocone*), cuspidi distobuccale (*metacone*) e cuspidi distolinguale (*hypocone*). Invece, le cuspidi dei molari inferiori e dei quarti molari decidui inferiori sono chiamate cuspidi mesiobuccale (protoconid), cuspidi mesiolinguale (*metaconid*), cuspidi centrobuccale (*hypoconid*), cuspidi distobuccale (*entoconid*) e cuspidi distolinguale (*hypoconulid*) (White, Folkens 2005). Poiché la cuspidi mesiobuccale è sempre la prima a formarsi, si sceglie di utilizzarla nel momento in cui si procede con la creazione delle sezioni istologiche sottili dato che è in grado di fornire lo specchio più ampio sulla vita dell'individuo. Nello specifico, per esempio, il primo molare inizia a formarsi poco prima della nascita proprio a partire dalla cuspidi mesiobuccale in cui è quindi possibile identificare il momento della nascita, motivo per cui è uno dei denti permanenti più importanti da questo punto di vista. Bisogna prestare però attenzione al momento della creazione delle sezioni sottili perché la qualità della lettura della sezione istologica dipende dalla precisione con cui la cuspidi mesiobuccale viene tagliata al centro della cuspidi stessa (Hillson 2014)

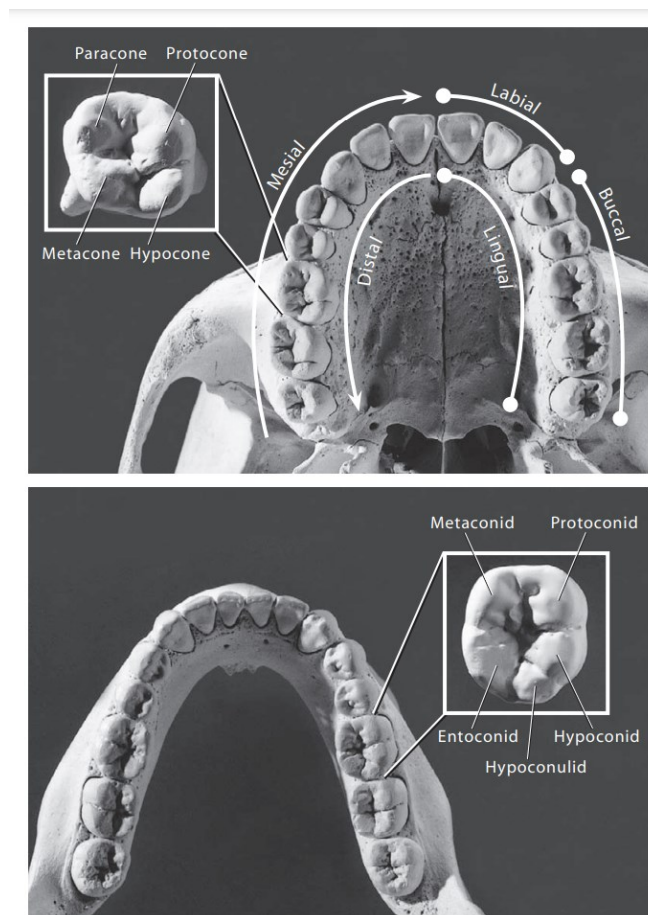


Figura 19. Orientamento delle facce del dente nell'arcata superiore e indicazione dei nomi delle differenti cuspidi sia nell'arcata superiore (in alto) che in quella inferiore (in basso) (White, Folkens 2005).

Il particolare interesse nello studio di questa classe di materiali è dovuto al fatto che è in grado di fornire informazioni sull'individuo al quale la dentatura apparteneva quali sesso, età al

momento della morte e dieta, nonché sulle relazioni tra mammiferi esistenti ed estinti (White, Folkens 2005; Nava *et al.* 2020; Lugli *et al.* 2020). Come si vedrà meglio in seguito, infatti, lo smalto, a livello microstrutturale, si forma in maniera ritmica e tale ritmicità è osservabile a livello tissutale, cosa che rende possibile misurare il loro tasso di crescita. Ciò consente inoltre di determinare il tempo di formazione del tessuto stesso e, nel caso dello studio istomorfometrico dello smalto, è possibile determinare l'età cronologica di morte dell'individuo qualora la corona fosse ancora in formazione (Hillson 2014).

2.1.1 Analisi macroscopica come stima dell'età alla morte

Dopo la seguente premessa è ora possibile procedere con la spiegazione del funzionamento di uno degli obiettivi del seguente elaborato: l'analisi macroscopica dei denti come strumento per stimare l'età alla morte dell'individuo.

È importante chiarire che si tratta di una stima basata sull'osservazione delle caratteristiche morfologiche e il confronto con le informazioni dei cambiamenti registrati nelle popolazioni recenti la cui età degli individui è nota. Per esempio, utilizzare radiografie di persone appartenenti a popolazioni viventi ha permesso di stabilire, partendo dal presupposto che nei periodi oggetto di analisi l'eruzione abbia seguito la stessa periodicità in entrambi i gruppi, che i molari permanenti eruttano rispettivamente a circa 6, 12 e 18 anni di età (White, Folkens 2005). Offrire una stima o un intervallo anziché un risultato ben preciso è fondamentale poiché lo sviluppo umano è discontinuo e vi è una variazione nella velocità di sviluppo da individuo a individuo (Smith, Garn 1987).

A differenza dello sviluppo delle altre parti scheletriche, pare che lo sviluppo dentale sia più strettamente associato all'età cronologica: si tratta infatti di un processo ordinato e sequenziale, meno soggetto a variazioni dovute a fattori esterni ed ambientali, a differenza della maturazione ossea (Mahoney *et al.* 2016, Mahoney *et al.* 2018).

Il processo di amelogenesi (il processo di formazione dello smalto dentario) comincia già da circa 14-16 settimane di gestazione e si conclude con la formazione del terzo molare verso i 18 anni (Hillson 1996).

Nelle Figure 20, 21, 22 è rappresentato lo schema elaborato da AlQahtani (2010) riguardo allo sviluppo dentale nelle varie fasi di età per ciascun dente con specifico riferimento al momento di inizio di formazione della corona, di completamento della corona, di chiusura delle radici e della probabilità che tale evento si verifichi a quell'età.

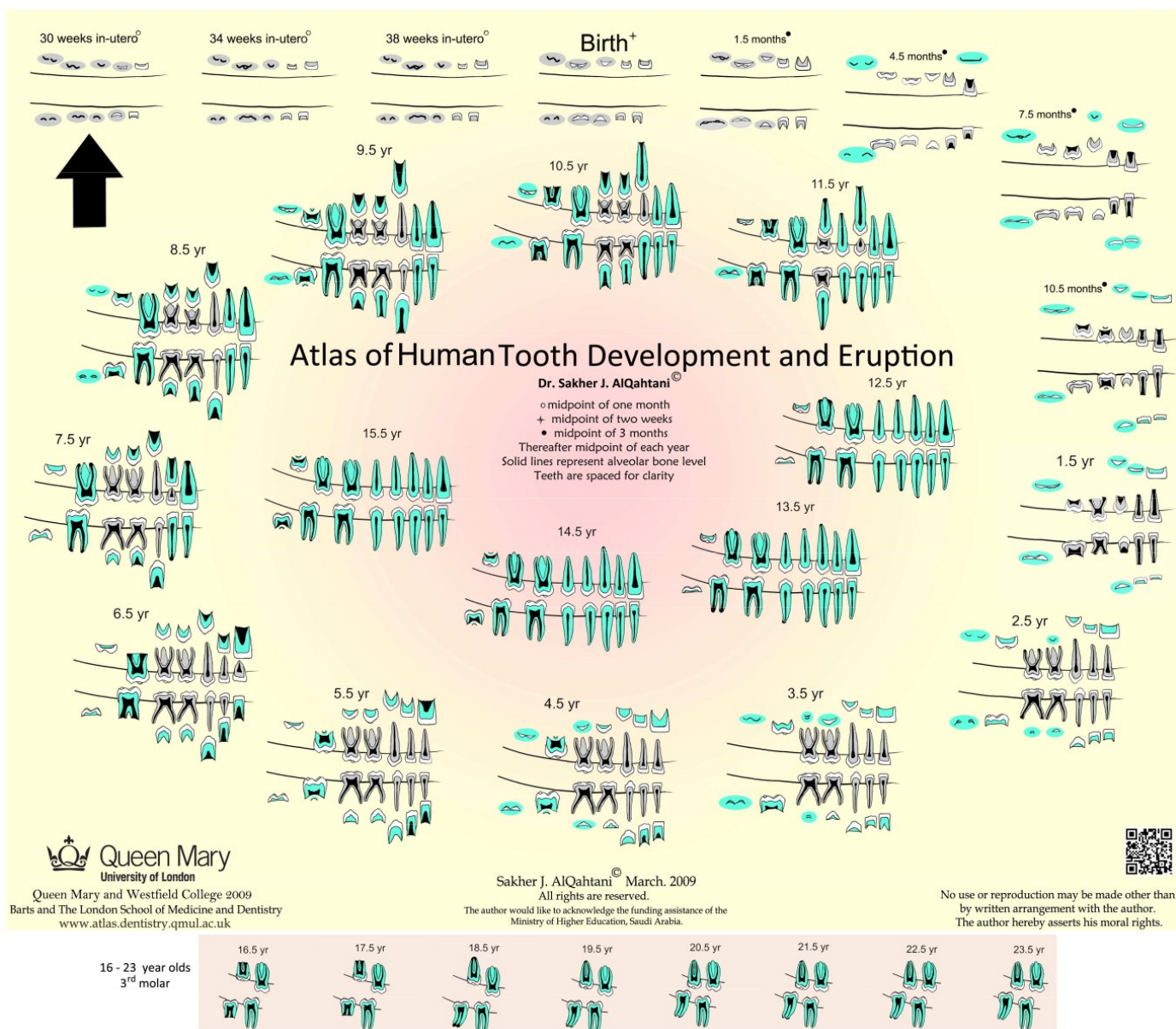


Figura 20. Atlante dello sviluppo e dell'eruzione dei denti umani. La freccia indica il punto di partenza. La dentina è presentata in grigio per i denti decidui e in verde per i permanenti.

Description of Moorrees' stages (1963)
used to identify tooth developmental stages of single rooted teeth

	ci: initial cusp formation		Ri: initial root formation with diverge edges
	Cco: Coalescence of cusps		R 1/4: root length less than crown length
	Coc: Cusp outline complete		R 1/2: root length equals crown length
	Cr 1/2: crown half completed with dentine formation		R 3/4: three quarters of root length developed with diverge ends
	Cr 3/4: crown three quarters completed		Rc: root length completed with parallel ends
	Crc: crown completed with defined pulp roof		A 1/2: apex closed (root ends converge) with wide PDL
			Ac: apex closed with normal PDL width

Description of Moorrees' stages (1963)
used to identify tooth developmental stages of multirooted teeth

	ci: initial cusp formation		
	Cco: Coalescence of cusps		R 1/4: root length less than crown length with visible bifurcation area
	Coc: Cusp outline complete		R 1/2: root length equals crown length
	Cr 1/2: crown half completed with dentine formation		R 3/4: three quarters of root length developed with diverge ends
	Cr 3/4: crown three quarters completed		Rc: root length completed with parallel ends
	Crc: crown completed with defined pulp roof		A 1/2: apex closed (root ends converge) with wide PDL
	Ri: initial root formation with diverge edges		Ac: apex closed with normal PDL width

Description of Moorrees' stages (1963)
used to identify root resorption
in single and multirooted teeth

	Ac: apex closed with normal PDL width	
	Res 1/4: resorption of apical quarter of the root	
	Res 1/2: resorption of half the root	
	Res 3/4: resorption of three quarters of the root	

Description of modified Bengston's stages
used to identify tooth eruption

	position 1: when the occlusal or incisal surface is covered entirely by bone	
	position 2: when the occlusal or incisal surface breaks through the crest of the alveolar bone	
	position 3: when the occlusal or incisal surface is midway between the alveolar bone and the occlusal plane	
	position 4: occlusal or incisal surface is in the occlusal plane	

Figura 21. A sinistra, descrizione delle fasi modificate di Moorrees (Moorrees et al. 1963a,b) utilizzato per identificare le fasi di sviluppo dei denti di denti a radice singola. PDL si riferisce allo "spazio del legamento parodontale". Al centro e a destra descrizione delle fasi modificate di Moorrees (Moorrees et al. 1963a, b) utilizzato per identificare le fasi di sviluppo dei denti di denti multiradice.

È necessario precisare che esiste una consistente differenza nella tempistica delle diverse fasi legata al sesso degli individui. Sembrerebbe infatti che, così come in altri aspetti della crescita, le femmine tendono a svilupparsi precocemente rispetto ai maschi con una differenza che può arrivare fino ad un anno (Garn et al. 1958). Alcuni studi (Harris, McKee 1990; Loevy 1983; Davis, Hagg 1994) mostrano come sembrano esserci evidenti differenze anche tra i vari gruppi etnici.

Age (months)	Maxilla					Mandible				
	Tooth	Number of teeth	Tooth formation stage			Tooth	Number of teeth	Tooth formation stage		
			Minimum	Median	Maximum			Minimum	Median	Maximum
1.5 ^b	i ¹	34	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Ri	i ₁	29	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Ri
	i ²	31	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	i ₂	25	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Ri
	c'	34	Coc	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	c,	29	Coc	Coc	Cr $\frac{1}{2}$
	m ¹	33	Cco	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	m ₁	28	Cco	Coc	Cr $\frac{1}{2}$
	m ²	27	Ci	Cco	Coc	m ₂	25	Ci	Cco	Cr $\frac{1}{2}$
4.5 ^b	M ¹	4	—	—	Ci	M ₁	3	—	—	Cco
	i ¹	13	Crc	Ri	R $\frac{1}{4}$	i ₁	11	Crc	Ri	R $\frac{1}{4}$
	i ²	11	Crc	Crc	Ri	i ₂	13	Cr $\frac{3}{4}$	Ri	R $\frac{1}{4}$
	c'	14	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	c,	16	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$
	m ¹	7	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	m ₁	11	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Crc
	m ²	8	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	m ₂	11	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Crc
	I ¹	4	Ci	Ci	Coc	i ₁	1	—	—	Ci
	M ¹	4	Ci	Ci	Ci	M ₁	5	Ci	Ci	Cco
	i ¹	6	Ri	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{1}{2}$	i ₁	5	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{1}{2}$	R $\frac{1}{2}$
	i ²	6	Crc	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{1}{4}$	i ₂	4	Ri	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{1}{4}$
7.5 ^b	c'	8	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Crc	c,	6	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Crc
	m ¹	9	Crc	Ri	Cr $\frac{1}{2}$	m ₁	10	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Ri
	m ²	5	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Crc	m ₂	10	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Cr $\frac{3}{4}$
	I ¹	4	Coc	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	I ₁	3	Coc	Coc	Cr $\frac{1}{2}$
	C'	4	Ci	Ci	Ci	C,	1	—	—	Ci
	M ¹	4	Cco	Cco	Coc	M ₁	4	Cco	Coc	Coc
	i ¹	5	Ri	R $\frac{1}{2}$	R $\frac{1}{2}$	i ₁	9	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{3}{4}$	R $\frac{3}{4}$
	i ²	4	Ri	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{1}{2}$	i ₂	10	Ri	R $\frac{1}{2}$	R $\frac{1}{2}$
	c'	6	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Ri	c,	12	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Crc
	m ¹	4	Crc	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{1}{4}$	m ₁	12	Crc	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{1}{2}$
10.5 ^b	m ²	6	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Ri	m ₂	12	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Ri
	I ¹	4	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	I ₁	5	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$
	C'	4	Ci	Ci	Ci	C,	4	Ci	Ci	Ci
	M ¹	4	Cco	Coc	Coc	M ₁	10	Cco	Coc	Coc

Age (years)	Maxilla					Mandible				
	Tooth	Number of teeth	Tooth formation stage			Tooth	Number of teeth	Tooth formation stage		
			Minimum	Median	Maximum			Minimum	Median	Maximum
1.5 ^a	i ¹	5	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{3}{4}$	R $\frac{3}{4}$	i ₁	7	R $\frac{3}{4}$	R $\frac{3}{4}$	Rc
	i ²	6	Ri	R $\frac{1}{2}$	R $\frac{3}{4}$	i ₂	7	R $\frac{3}{4}$	R $\frac{3}{4}$	Rc
	c'	6	Crc	Ri	R $\frac{1}{2}$	c,	7	Cr $\frac{3}{4}$	Ri	R $\frac{1}{2}$
	m ¹	7	Ri	R $\frac{1}{2}$	R $\frac{3}{4}$	m ₁	8	Ri	R $\frac{1}{2}$	R $\frac{3}{4}$
	m ²	8	Crc	Ri	R $\frac{1}{4}$	m ₂	8	Cr $\frac{3}{4}$	Ri	R $\frac{1}{4}$
	I ¹	6	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	I ₁	6	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$
	I ²	4	—	Coc	Coc	I ₂	6	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$
	C'	8	Coc	Coc	Coc	C,	4	—	Coc	Coc
	M ¹	4	—	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	M ₁	8	Cco	Coc	Cr $\frac{1}{2}$
	i ¹	24	Rc	Ac	Ac	i ₁	24	Rc	Ac	Ac
2.5 ^a	i ²	24	Rc	Ac	Ac	i ₂	24	Rc	Ac	Ac
	c'	24	R $\frac{3}{4}$	Rc	Rc	c,	24	R $\frac{3}{4}$	Rc	Rc
	m ¹	24	R $\frac{3}{4}$	Rc	Ac	m ₁	24	R $\frac{3}{4}$	Rc	Ac
	m ²	24	R $\frac{1}{4}$	R $\frac{3}{4}$	Ac	m ₂	24	R $\frac{1}{2}$	R $\frac{3}{4}$	Ac
	I ¹	24	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Cr $\frac{3}{4}$	I ₁	24	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Crc
	I ²	24	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	I ₂	24	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Crc
	C'	21	—	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	C,	24	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$
	P ¹	19	—	Ci	Cco	P ₁	20	—	Cco	Cco
	P ²	10	—	—	Ci	P ₂	18	—	Ci	Ci
	M ¹	24	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Cr $\frac{3}{4}$	M ₁	24	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Crc
3.5 ^a	M ²	16	—	Ci	Ci	M ₂	15	—	Ci	Ci
	i ¹	24	Ac	Ac	Ac	i ₁	24	Ac	Ac	Ac
	i ²	24	Ac	Ac	Ac	i ₂	24	Ac	Ac	Ac
	c'	24	Ac	Ac	Ac	c,	24	Ac	Ac	Ac
	m ¹	24	Ac	Ac	Ac	m ₁	24	Ac	Ac	Ac
	m ²	24	Ac	Ac	Ac	m ₂	24	Ac	Ac	Ac
	I ¹	24	Cr $\frac{3}{4}$	Cr $\frac{3}{4}$	Ri	I ₁	24	Cr $\frac{3}{4}$	Crc	Ri
	I ²	24	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	Crc	I ₂	24	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	Crc
	C'	24	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{3}{4}$	C,	24	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	Crc
	P ¹	24	Ci	Coc	Cr $\frac{1}{2}$	P ₁	24	Ci	Cr $\frac{1}{2}$	Cr $\frac{1}{2}$
	P ²	20	—	Ci	Cco	P ₂	22	—	Ci	Coc
	M ¹	24	Cr $\frac{1}{2}$	Crc	R $\frac{1}{4}$	M ₁	24	Cr $\frac{1}{2}$	Ri	Ri
	M ²	20	—	Cco	Coc	M ₂	22	—	Cco	Coc

4.5 ^a	i ¹ to m ²	24 each	Ac	Ac	Ac	i ₁ to m ₂	24 each	Ac	Ac	Ac
	I ¹	24	Cr ³ / ₄	Crc	Ri	I ₁	24	Cr ³ / ₄	Ri	R ¹ / ₂
	I ²	24	Cr ³ / ₄	Cr ³ / ₄	Ri	I ₂	24	Cr ³ / ₄	Ri	Ri
	C'	24	Cr ³ / ₄	Cr ³ / ₄	Ri	C,	24	Cr ¹ / ₂	Cr ³ / ₄	Ri
	P ¹	24	Cr ¹ / ₂	Cr ¹ / ₂	Cr ³ / ₄	P ₁	24	Cr ¹ / ₂	Cr ¹ / ₂	Crc
	P ²	24	Coc	Cco	Cr ³ / ₄	P ₂	24	Ci	Coc	Cr ¹ / ₂
	M ¹	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	M ₁	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂
	M ²	24	Ci	Coc	Cr ¹ / ₂	M ₂	24	Cco	Coc	Cr ¹ / ₂
5.5 ^a	i ¹	24	Ac	Ac	Res 1/4	i ₁	24	Ac	Ac	Res 1/2
	i ²	24	Ac	Ac	Res 1/4	i ₂	24	Ac	Ac	Res 1/4
	c' to m ²	24 each	Ac	Ac	Ac	c, to m ₂	24 each	Ac	Ac	Ac
	I ¹	24	Crc	Ri	R ¹ / ₄	I ₁	24	Ri	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂
	I ²	24	Crc	Crc	Ri	I ₂	24	Crc	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂
	C'	24	Cr ³ / ₄	Crc	Ri	C,	24	Cr ³ / ₄	Crc	Ri
	P ¹	24	Cr ¹ / ₂	Cr ³ / ₄	Crc	P ₁	24	Coc	Cr ³ / ₄	Crc
	P ²	24	Cco	Cr ¹ / ₂	Cr ³ / ₄	P ₂	24	Cco	Cr ³ / ₄	Cr ³ / ₄
	M ¹	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	M ₁	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂
	M ²	24	Coc	Cr ¹ / ₂	Cr ³ / ₄	M ₂	24	Coc	Cr ¹ / ₂	Cr ³ / ₄
6.5 ^a	i ¹	14	Ac	Res ³ / ₄	—	i ₁	11	Ac	—	—
	i ²	22	Ac	Res ³ / ₄	Res ³ / ₄	i ₂	13	Ac	Res ¹ / ₂	—
	c'	24	Ac	Ac	Ac	c,	24	Ac	Ac	Ac
	m ¹	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₄	m ₁	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₄
	m ²	24	Ac	Ac	Ac	m ₂	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₄
	I ¹	24	Crc	R ¹ / ₄	R ³ / ₄	I ₁	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	Rc
	I ²	24	Crc	Ri	R ¹ / ₂	I ₂	24	Ri	R ¹ / ₄	R ³ / ₄
	C'	24	Crc	Ri	R ¹ / ₄	C,	24	Cr ³ / ₄	Ri	R ¹ / ₄
	P ¹	24	Cr ³ / ₄	Crc	Ri	P ₁	24	Cr ¹ / ₂	Crc	Ri
	P ²	24	Cr ¹ / ₂	Crc	Crc	P ₂	24	Coc	Crc	Ri
	M ¹	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	R ³ / ₄	M ₁	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	R ³ / ₄
	M ²	24	Coc	Cr ¹ / ₂	Crc	M ₂	24	Coc	Cr ¹ / ₂	Crc
7.5 ^a	i ¹	2	Res ³ / ₄	—	—	i ₁	—	—	—	—
	i ²	13	Res ¹ / ₂	Res ³ / ₄	—	i ₂	2	Ac	—	—
	c'	24	Ac	Ac	Ac	c,	24	Ac	Ac	Ac
	m ¹	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₂	m ₁	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₂
	m ²	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₂	m ₂	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₄
	I ¹	24	R ¹ / ₄	R ³ / ₄	Rc	I ₁	24	R ³ / ₄	Rc	A ¹ / ₂
	I ²	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	Rc	I ₂	24	R ¹ / ₄	R ³ / ₄	A ¹ / ₂
	C'	24	Ri	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	C,	24	Ri	R ¹ / ₄	R ¹ / ₄
	P ¹	24	Cr ³ / ₄	Ri	R ¹ / ₄	P ₁	24	Ri	Ri	R ¹ / ₄
	P ²	24	Cr ³ / ₄	Crc	R ¹ / ₄	P ₂	24	Crc	Crc	R ¹ / ₄
	M ¹	24	R ¹ / ₄	R ³ / ₄	A ¹ / ₂	M ₁	24	R ³ / ₄	R ³ / ₄	A ¹ / ₂
	M ²	24	Cr ¹ / ₂	Cr ³ / ₄	R ¹ / ₄	M ₂	24	Cr ¹ / ₂	Cr ³ / ₄	R ¹ / ₄
	M ³	4	—	—	Ci	M ₃	8	—	—	Ci
8.5 ^a	i ²	6	Res ³ / ₄	—	—	i ₂	—	—	—	—
	c'	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₄	c,	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₂
	m ¹	24	Res ¹ / ₄	Res ¹ / ₂	Res ¹ / ₂	m ₁	24	Res ¹ / ₄	Res ¹ / ₄	Res ¹ / ₂
	m ²	24	Ac	Res ¹ / ₂	Res ¹ / ₂	m ₂	24	Ac	Ac	Res ¹ / ₄
	I ¹	24	R ¹ / ₂	Rc	A ¹ / ₂	I ₁	24	R ³ / ₄	Ac	Ac
	I ²	24	R ¹ / ₄	R ³ / ₄	Rc	I ₂	24	R ¹ / ₄	A ¹ / ₂	Ac
	C'	24	Ri	R ¹ / ₄	R ³ / ₄	C,	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₄	R ³ / ₄
	P ¹	24	Ri	Ri	R ¹ / ₂	P ₁	24	Ri	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂
	P ²	24	Ri	Ri	R ¹ / ₂	P ₂	24	Crc	Ri	R ¹ / ₄
	M ¹	24	R ¹ / ₂	Rc	Ac	M ₁	24	R ³ / ₄	R ³ / ₄	A ¹ / ₂
	M ²	24	Crc	Ri	R ¹ / ₄	M ₂	24	Cr ³ / ₄	Ri	R ¹ / ₄
	M ³	13	—	Ci	Coc	M ₃	20	—	Ci	Cco
9.5 ^a	c'	22	Ac	Ac	—	c,	22	Ac	Res ¹ / ₄	—
	m ¹	24	Res ¹ / ₄	Res ¹ / ₂	Res ³ / ₄	m ₁	24	Res ¹ / ₄	Res ¹ / ₄	Res ³ / ₄
	m ²	24	Res ¹ / ₄	Res ¹ / ₂	Res ³ / ₄	m ₂	24	Ac	Res ¹ / ₄	Res ¹ / ₂
	I ¹	24	R ³ / ₄	Rc	A ¹ / ₂	I ₁	24	Rc	Ac	Ac
	I ²	24	R ¹ / ₂	Rc	A ¹ / ₂	I ₂	24	Rc	A ¹ / ₂	Ac
	C'	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	R ³ / ₄	C,	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	R ³ / ₄
	P ¹	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₄	R ³ / ₄	P ₁	24	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	R ³ / ₄
	P ²	24	Ri	R ¹ / ₄	R ³ / ₄	P ₂	24	Ri	R ¹ / ₄	R ³ / ₄
	M ¹	24	Rc	Ac	Ac	M ₁	24	R ³ / ₄	A ¹ / ₂	Ac
	M ²	24	Ri	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂	M ₂	24	Ri	R ¹ / ₄	R ¹ / ₂
	M ³	17	—	Coc	Cr ³ / ₄	M ₃	22	—	Cco	Cr ³ / ₄

10.5 ^a	c'	20	Ac	Res 1/4	—	c,	—	—	—	—
	m ¹	17	Res 1/4	Res 1/2	—	m ₁	16	Res 1/4	Res 1/2	—
	m ²	21	Res 1/4	Res 1/2	—	m ₂	18	Ac	Res 1/4	—
	I ¹	24	Rc	A 1/2	Ac	I ₁	24	A 1/2	Ac	Ac
	I ²	24	Rc	A 1/2	Ac	I ₂	24	Rc	Ac	Ac
	C'	24	R 1/2	R 3/4	R 3/4	C,	24	R 3/4	R 3/4	Rc
	P ¹	24	R 1/4	R 1/2	Rc	P ₁	24	R 1/4	R 1/2	Rc
	P ²	24	Ri	R 1/2	Rc	P ₂	24	R 1/4	R 1/2	R 3/4
	M ¹	24	Rc	Ac	Ac	M ₁	24	Rc	Ac	Ac
	M ²	24	R 1/4	R 1/2	R 1/2	M ₂	24	R 1/4	R 1/2	R 1/2
11.5 ^a	M ³	23	—	Coc	Cr 1/2	M ₃	23	—	Cco	Cr 1/2
	c'	17	Ac	Res 3/4	—	c,	4	Res 1/4	—	—
	m ¹	8	Res 1/2	—	—	m ₁	6	Res 1/4	—	—
	m ²	17	Res 1/4	Res 3/4	—	m ₂	18	Ac	Res 1/2	—
	I ¹	24	Rc	Ac	Ac	I ₁	24	Rc	Ac	Ac
	I ²	24	R 3/4	Ac	Ac	I ₂	24	A 1/2	Ac	Ac
	C'	24	R 1/2	R 3/4	Rc	C,	24	R 3/4	R 3/4	A 1/2
	P ¹	24	R 1/2	R 3/4	A 1/2	P ₁	24	R 1/2	R 3/4	A 1/2
	P ²	24	R 1/4	R 3/4	Rc	P ₂	24	R 1/4	R 3/4	A 1/2
	M ¹	24	A 1/2	Ac	Ac	M ₁	24	A 1/2	Ac	Ac
12.5 ^a	M ²	24	R 1/4	R 1/2	Rc	M ₂	24	R 1/4	R 1/2	R 3/4
	M ³	24	Ci	Cr 1/2	Ri	M ₃	24	Ci	Coc	R 1/4
	m ²	2	Res 3/4	—	—	m ₂	10	Res 1/4	—	—
	I ¹	24	Rc	Ac	Ac	I ₁	24	A 1/2	Ac	Ac
	I ²	24	Rc	Ac	Ac	I ₂	24	A 1/2	Ac	Ac
	C'	24	R 3/4	Rc	Rc	C,	24	R 3/4	A 1/2	Ac
	P ¹	24	R 3/4	Rc	A 1/2	P ₁	24	R 3/4	Rc	Ac
	P ²	24	R 1/2	R 3/4	A 1/2	P ₂	24	R 1/2	Rc	Ac
	M ¹	24	Ac	Ac	Ac	M ₁	24	Ac	Ac	Ac
	M ²	24	R 1/4	R 3/4	Rc	M ₂	24	R 1/4	R 3/4	Rc
13.5 ^a	M ³	24	Cco	Cr 3/4	R 1/4	M ₃	24	Ci	Cr 1/2	R 1/4
	I ¹	24	Ac	Ac	Ac	I ₁	24	Ac	Ac	Ac
	I ²	24	Ac	Ac	Ac	I ₂	24	Ac	Ac	Ac
	C'	24	Rc	Rc	A 1/2	C,	24	Rc	A 1/2	Ac
	P ¹	24	Rc	A 1/2	Ac	P ₁	24	R 3/4	A 1/2	Ac
	P ²	24	R 1/2	Rc	Ac	P ₂	24	R 3/4	Rc	Ac
	M ¹	24	Ac	Ac	Ac	M ₁	24	Ac	Ac	Ac
	M ²	24	Coc	R 3/4	A 1/2	M ₂	24	R 1/2	R 3/4	A 1/2
	M ³	24	Ci	Cr 3/4	R 1/4	M ₃	24	Ci	Cr 1/2	R 1/4
	C'	24	Rc	A 1/2	Ac	C,	24	A 1/2	Ac	Ac
14.5 ^{a,b}	P ¹	24	A 1/2	Ac	Ac	P ₁	24	A 1/2	Ac	Ac
	P ²	24	Rc	Ac	Ac	P ₂	24	Rc	Ac	Ac
	M ²	24	Rc	Rc	Ac	M ₂	24	Rc	Rc	Ac
	M ³	24	Cr 3/4	R 1/4	R 1/4	M ₃	24	Cr 1/2	R 1/4	R 1/4
	C'	24	R 3/4	Ac	Ac	C,	24	Ac	Ac	Ac
	P ¹	24	Ac	Ac	Ac	P ₁	24	Ac	Ac	Ac
	P ²	24	Ac	Ac	Ac	P ₂	24	Ac	Ac	Ac
	M ²	24	Rc	A 1/2	Ac	M ₂	24	Rc	A 1/2	Ac
	M ³	24	Cr 1/2	R 1/4	R 3/4	M ₃	24	Cr 1/2	R 1/4	R 3/4
	C'	24	Ac	Ac	Ac	C'	24	Ac	Ac	Ac
15.5 ^{a,b}	M ²	24	A 1/2	Ac	Ac	M ₂	24	A 1/2	Ac	Ac
	M ³	24	Ri	R 1/2	R 3/4	M ₃	24	Crc	R 1/2	R 3/4
	C'	24	Ac	Ac	Ac	M ₂	24	Ac	Ac	Ac
	M ²	24	Ac	R 1/2	Rc	M ₃	24	R 1/4	R 1/2	Ac
	M ³	24	Crc	R 1/2	Rc	M ₃	24	R 1/4	R 1/2	Ac
	C'	24	Ac	Ac	Ac	M ₃	24	R 1/4	R 1/2	Ac
	M ²	24	Ac	Ac	Ac	M ₃	24	R 1/4	R 1/2	Ac
	M ³	24	Crc	R 1/2	Rc	M ₃	24	R 1/4	R 1/2	Ac
	C'	24	Ac	Ac	Ac	M ₃	24	R 1/4	R 1/2	Ac
	M ²	24	Ac	Ac	Ac	M ₃	24	R 1/4	R 1/2	Ac
	M ³	24	Crc	R 1/2	Rc	M ₃	24	R 1/4	R 1/2	Ac

Figura 22. Età di sviluppo e formazione dei denti permanenti e decidui con indicazione della probabilità che quell'evento si verifichi a quell'età. Ci indica il momento di inizio di formazione della corona, Crc il momento di completamento della corona e Ac la chiusura delle radici (AlQahtani 2010).

2.2 I tessuti mineralizzati del dente: lo smalto

Assieme alla dentina e al cemento, lo smalto è uno dei tessuti mineralizzati del dente. Si tratta, nello specifico, del tessuto che ricopre la corona. Essendo mineralizzato al 97% è il tessuto più duro dell'interno organismo; la cui componente mineralizzata è costituita principalmente da fosfato di calcio $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$, sotto forma di cristalli di idrossiapatite, e da fluoroapatite $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}]$. La presenza della fluoroapatite rende il dente maggiormente resistente ad un ambiente acido rispetto agli altri tessuti osteologici e grazie a questa caratteristica i denti si preservano meglio rispetto alle ossa nei depositi archeologici, anche nel caso di ambienti fortemente acidi che portano alla quasi distruzione del materiale osteologico (Hillson 1996).

Sebbene il colore dello smalto appaia generalmente bianco, nei denti permanenti è relativamente traslucido e può essere influenzato dal colore della dentina sottostante. Nei denti decidui, il cui un grado di mineralizzazione dello smalto risulta inferiore rispetto a quelli permanenti, la colorazione si presenta come più bianca e più opaca (Hillson 1996).

Lo smalto è sia avascolare che acellulare, cioè non possiede né vasi sanguigni né cellule e non è perciò capace di rigenerarsi una volta che è stato secreto. Sono proprio queste caratteristiche a renderlo di particolare importanza: non potendo cancellare le informazioni relative ai traumi subiti rigenerandosi (a differenza, per esempio, delle ossa) si configura come un registro di tutte le interruzioni della crescita causate da febbri o carenze nutrizionali che l'individuo ha vissuto a partire dal momento della formazione dello smalto fino al suo compimento (Hillson 1996). Del potenziale formativo dello smalto e delle sue strutture microscopiche si parlerà maggiormente nel paragrafo 2.2.1.

Le cellule che si occupano della formazione dello smalto sono conosciute come ameloblasti. Il processo tramite il quale lo smalto viene a costituirsi è infatti conosciuto come amelogenesi ed è costituito da due fasi: accrescimento e maturazione della matrice, una sostanza amorfa per due terzi organica (rispettivamente un terzo di acqua e un terzo di proteine) e per un terzo minerale. Ogni ameloblasta durante il processo di secrezione della matrice sviluppa una protuberanza nella propria parte terminale chiamata "processo di *Tomes*" che genera un reticolo di piccole cavità e di discontinuità. È proprio all'interno di queste cavità che si depositano i cristalli di apatite (ossia la componente minerale della matrice), il cui orientamento dipende quindi dalla forma di ogni ameloblasta (Hillson 1996).

La matrice si forma come una serie di strati sovrapposti concentrici a partire dalla forma di una piccola cupola. La punta del primo strato, ovvero quello più interno che successivamente

entrerà in contatto con la dentina, prende il nome di “punta di corno di dentina” o più semplicemente “corno di dentina” (Hillson 1996). Ciascuno strato successivo si espande man mano che il gruppo di ameloblasti avanza (Hillson 2014) (Figura 23).

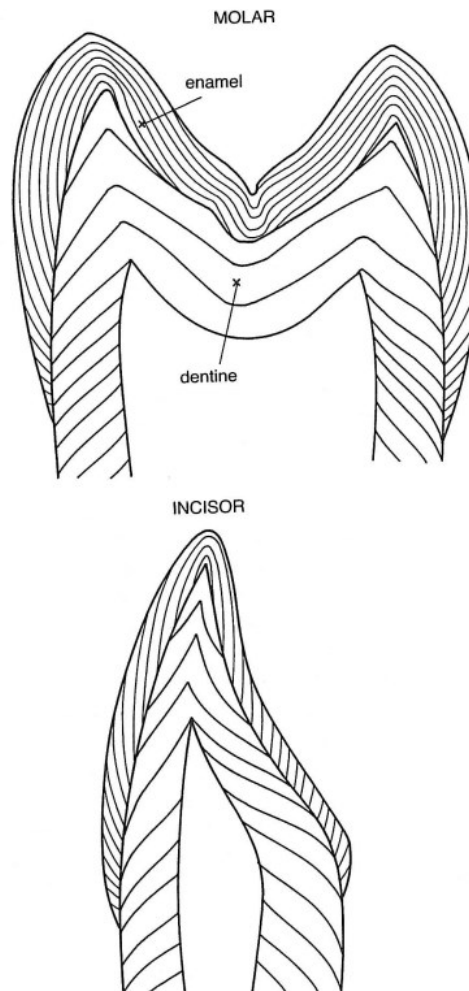


Figura 23. Schema di formazione della matrice dello smalto in un molare e in un incisivo così come appena illustrata (Hillson 1996).

Nella fase di maturazione della matrice, ovvero la fase della sua mineralizzazione, una volta terminata la secrezione della matrice, gli ameloblasti iniziano a demolirne la componente organica, cambiando così la loro attività a seguito di modifiche morfologiche e funzionali. Allo stesso tempo, i cristalli di apatite passano dall'aver uno spessore di 30nm ad uno di 50-100nm. Quando il materiale inorganico costituisce il 96% dello smalto, gli ameloblasti si atrofizzano e muoiono (Hillson 1996).

2.2.1 Istologia dello smalto: le strutture microscopiche dello smalto dentale

Osservando lo smalto, soprattutto con il microscopio elettronico a scansione, è evidente che la sua superficie non sia omogenea, ma ci sono entità più o meno cilindriche parallele che sono frutto delle discontinuità legate ai processi di Tomes: i prismi. I prismi sono l'unità strutturale cristallina dello smalto e percorrono quasi tutto il suo spessore, con l'eccezione di una stretta fascia a ridosso della superficie del dente e dell'EDJ, la giunzione tra dentina e smalto che al microscopio è visibile come una marcata linea scura seghettata (Hillson 2014). Queste due particolari zone prendono il nome di smalto aprismatico, che si differenzia dallo smalto prismatico non da un punto di vista chimico ma bensì dall'orientamento dei cristalli nello smalto (Hillson 1996).

Le file di prismi (*prism boundaries*) si presentano come linee parallele tra loro che corrono dall'EDJ fino alla superficie della corona, solitamente distanti fra loro circa 4-6 μ m. Rappresentano le discontinuità formatesi nei processi di Tomes dagli ameloblasti. Quando lo smalto si frattura, si rompe precisamente in corrispondenza di questi fasci di prismi (Hillson 2014).

All'interno dei fasci di prismi è possibile notare al microscopio dei segni scuri regolarmente distanziati, con una distanza che va da 2 a 5 μ m, conosciuti come *cross striations* (Figura 24). Se le si osserva al microscopio si potrà notare come siano più ravvicinate fra di loro in prossimità dell'EDJ e più lontane man mano che ci si avvicina alla superficie della corona poiché con la stessa quantità di matrice si deve man mano ricoprire una superficie di smalto maggiore (Hillson 2014).

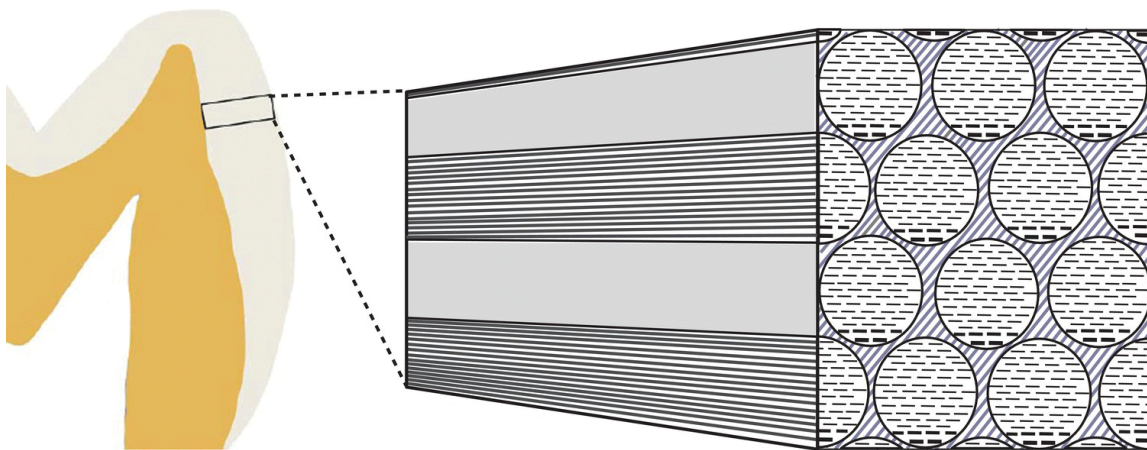


Figura 24. Rappresentazione delle file parallele di prismi che si presentano come perpendicolari all'EDJ e, ancora più nel dettaglio, file di prismi tagliate da cross striations.

La letteratura istologica (Boyde 1976; 1989) illustra come si tratti di strutture di accrescimento della matrice dello smalto che si formano circa ogni 24 ore (ritmo circadiano). Proprio per questo motivo sono uno strumento fondamentale per calcolare sia una scala temporale di accrescimento della corona (Beynon, Dean 1987; Dean *et al.* 1993; Dean 1998) sia, eventualmente,

l'età cronologica di morte dell'individuo se lo smalto era ancora in formazione al momento del decesso (Hillson 2014).

Infine, è importante menzionare le cosiddette "strie di Retzius" (dal nome dello studioso che le individuò, Ander Retzius). Si tratta di una seconda struttura ritmica di accrescimento dello smalto: esse sono una serie di linee, particolarmente definite e regolari in prossimità della superficie della corona, che tagliano diagonalmente le file di prismi (Hillson 2014) (Figura 25).

Nei microscopi ottici le strie di Retzius, così come le *cross striations*, si vedono a bassi ingrandimenti in sezioni di circa 100 µm, perché così queste strie, che rappresentano veri e propri piani di discontinuità, disperdono più luce e appaiono più scure. Se il piano di discontinuità è perpendicolare al piano di sezione, le strie appariranno più strette e più scure, mentre se angolate appariranno più chiare e meno scure (Hillson 2014).

Intorno al corno di dentina lo smalto cresce tramite una serie di strati a forma di cupola la cui altezza e ampiezza aumenta progressivamente man mano che ci si allontana dal corno di dentina. Se in prossimità del corno di dentina le strie sono delle bande scure dalla forma concentrica e poco definita, in prossimità della parte cervicale si presentano come linee scure dai contorni ben definiti. Di conseguenza, le strie di Retzius non sono definite allo stesso modo su tutta la superficie del dente e nemmeno la singola stria è visibile allo stesso modo in base alla porzione di smalto che si sta osservando (Hillson 2014).



Figura 25. Dettaglio delle linee dei prismi e delle cross striations. La lettera "S" indica una stria di Retzius, mentre la "P" la linea dei prismi. Al centro dell'immagine è possibile vedere meglio le cross striations che attraversano i prismi e li dividono in segmenti (Hillson 2014).

Si è osservato che tra una stria di Retzius e un'altra vi sono dalle 6 alle 12 *cross striation*, numero variabile da individuo a individuo ma variabile anche da dentatura permanente a decidua all'interno di uno stesso individuo (Hillson 2014; Nava *et al.* 2019). Nonostante non sia stato ancora chiarito con certezza cosa determini tale periodicità, alcuni studi (Mahoney *et al.* 2018) sostengono che dietro tale frequenza vi sia un bioritmo che determinerebbe sia la formazione dello smalto sia la crescita delle ossa.

Solitamente le strie di Retzius non sono prominenti nei denti decidui sia perché si avvicinano alla superficie del dente con un angolo poco profondo sia perché è presente uno spesso strato di smalto in cui è difficile distinguere i prismi. Tuttavia, possono essere individuate in alcuni punti. Il punto più noto e caratteristico dei denti decidui è la linea neonatale, ossia una stria di Retzius fortemente marcata che corrisponde alla posizione di sviluppo dello smalto al momento della nascita dell'individuo. Come già accennato, infatti, i denti decidui iniziano a formarsi già in utero e, di conseguenza, una certa quantità di matrice è secreta prima della nascita (Nava *et al.* 2017). Da questo punto di vista, di particolare interesse è anche il primo molare permanente poiché è l'unico dente permanente che inizia a formarsi prima della nascita (circa un mese prima) e riveste quindi un ruolo molto importante nelle analisi istologiche grazie alle informazioni che è in grado di fornire dal momento che accompagnerà l'individuo per tutta la sua vita al contrario dei denti decidui che, pur contenendo le stesse informazioni, vengono ad un certo punto sostituiti dai denti permanenti facendo così perdere queste informazioni. È infatti l'unico dente permanente nel quale è possibile riscontrare la linea neonatale. A partire dalla linea neonatale è poi possibile vedere in maniera più definita le altre linee incrementali che si sono formate in seguito, poiché lo smalto prenatale è più omogeneo rispetto a quello postnatale e di conseguenza è più complesso distinguere le strie di Retzius (Hillson 2014; Nava *et al.* 2017).

L'analisi dei denti decidui nella porzione di smalto che precede la Linea Neonatale permette di ottenere informazioni sullo stato di salute della madre durante la gravidanza, mentre la porzione di smalto postnatale registra gli stress nell'infanzia dell'individuo. Bisogna tuttavia considerare la difficoltà dell'analisi dello smalto dei denti decidui poiché i segni incrementali giornalieri non sono facilmente visibili nella porzione di smalto prenatale, ma tale fatica è certamente ripagata se si considera l'ulteriore utilità nell'analisi di campioni provenienti dal *record* archeologico per comprendere la percentuale di bambini nati a termine della gravidanza e la percentuale di quelli nati prematuramente (Nava *et al.* 2017).

La Linea Neonatale, ad ogni modo, non è altro che la manifestazione di un disturbo dello sviluppo dello smalto. Non è tuttavia l'unica alterazione che un individuo può registrare in tal senso. Nelle sezioni visibili al microscopio, infatti, possono essere presenti anche altre variazioni delle strie di Retzius conosciute come Linee Accentuate (Hillson 2014; Nava *et al.* 2017).

Le Linee Accentuate sono normali strie di Retzius che appaiono più marcate e visibili a causa di un evento fortemente stressante che ha rallentato o, momentaneamente bloccato, il processo di amelogenesi comportando una variazione nell'andamento dei prismi. Gli eventi stressanti che portando alla formazione delle Linee Accentuate sono molteplici e sono tutti legati a un rallentamento nel processo di crescita: malattie esantematiche, carenza nutrizionale, malattie infettive e tutti quegli eventi patologici legati allo svezzamento. Dal momento che non è possibile identificare la precisa causa che ha portato alla formazione di una Linea Accentuata, li si definisce stress fisiologici aspecifici (Hillson 2014, Nava *et al.* 2019).

Come si fa ad essere certi che la Linea Neonatale sia tale e che non si tratti invece di qualche altro evento? Alcuni studi (Schour 1936; Talmi *et al.* 1986; Eli *et al.* 1989) illustrano come la linea neonatale si trovi nella posizione corrispondente allo stato di sviluppo previsto per i differenti denti al momento della nascita. Inoltre, tale linea non è stata individuata nei denti decidui di bambini nati morti. Infine, la linea neonatale è assente nei denti permanenti ad eccezione della cuspidе mesiobuccale dei primi molari che sappiamo svilupparsi prima della nascita (Hillson 2014).

Talvolta, le Linee Accentuate possono essere associate a delle ipoplasie, ovvero un mancato sviluppo dello smalto visibile anche livello macroscopico. Questo mancato sviluppo dello smalto potrebbe essere dovuto ad una momentanea interruzione nella secrezione dello smalto nella fase di formazione. Si suppone che lo stress che potrebbe aver causato l'ipoplasia possa essere uno stress prolungato nel tempo ma con un'intensità maggiore rispetto a quello di una Linea Accentuata. L'ipoplasia dello smalto è un fenomeno a cui è sempre associata una Linea Accentuata, ma non viceversa. Quindi, qualora si ricerchino delle Linee Accentuate nella sezione sottile di un dente, può essere utile avventurarsi alla ricerca anche di eventuali ipoplasie (Hillson 2014; Wright 1990; Skinner, Goodman 1992).

Sempre a questo proposito, sono state individuate alcune regole (Goodman, Rose 1990) per identificare le Linee Accentuate e non confonderle con delle comuni strie di Retzius:

1. La stria deve essere osservabile per almeno $\frac{3}{4}$ della sua lunghezza
2. Se osservabile in una cuspidе deve essere visibile anche nell'altra

2.3 Metodologia di analisi istologica dello smalto dentale

2.3.1 Il campione oggetto di studio

Il campione dentale oggetto di studio nel seguente elaborato si compone di 22 denti (1 deciduo e 21 permanenti), provenienti dalla necropoli di Hookerd (Iran sud-orientale), datati al III millennio a. C.. Di tale campione era stata effettuata un'analisi preliminare da parte del dottor Luca Bondioli, che detiene l'insegnamento di antropologia fisica presso l'Università di Padova, il quale aveva definito che i denti appartenevano ad un unico individuo subadulto.

L'obiettivo della seguente tesi è determinare l'età della morte e i livelli di stress nella prima infanzia dell'individuo al quale i denti appartenevano attraverso l'analisi istomorfometrica dello smalto dentale. Per ottenere una maggiore completezza di informazioni legate all'arco di vita dell'individuo si è deciso di analizzare un dente per ciascuna classe dentale.

Dal momento che la creazione delle sezioni sottili è un'operazione distruttiva, è necessario in primo luogo creare una documentazione fotografica del campione (Figure 26 e 27) alla quale affiancare una preliminare analisi macroscopica per definire l'età al momento della morte dell'individuo. In seguito, si procede con l'analisi istologica dello smalto per confermare e precisare ulteriormente l'età alla morte. In più, tramite l'analisi istomorfometrica, è possibile individuare i livelli di stress a cui il subadulto è stato sottoposto nel corso della sua infanzia e collocarli in una precisa scala temporale.

La creazione delle sezioni sottili necessita di un lavoro di preparazione del campione dentale. Innanzitutto, bisogna identificare con precisione i singoli denti, dapprima per classe dentale (incisivi, canini, premolari, molari), poi stabilendo se sono decidui o permanenti, superiori o inferiori e infine destri o sinistri. La catalogazione dei campioni oggetto di analisi è possibile grazie alla consultazione di vari manuali che ne esplicano i caratteri distintivi, in questo studio è stato utilizzato principalmente White, Folkens (2005).

Si è giunti alla conclusione che il campione dentale è composto, nell'arcata superiore, da soli denti permanenti: tutti e quattro gli incisivi, entrambi i canini, tutti e quattro i premolari, il primo molare di sinistra ed entrambi i secondi molari. Per quanto riguarda l'arcata inferiore, invece, erano presenti l'incisivo sinistro laterale, entrambi i canini, tutti e quattro i premolari e il primo molare di destra. Dell'arcata inferiore era presente anche l'incisivo centrale destro deciduo.



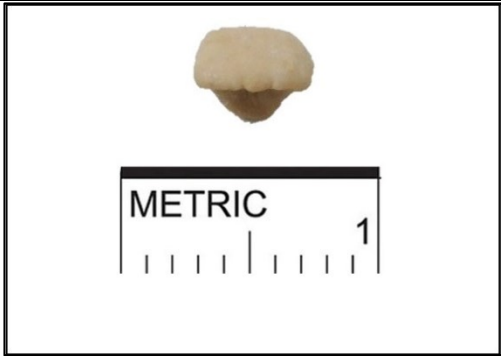
Figura 26. Fotografia dell'arcata superiore del campione dentale permanente.

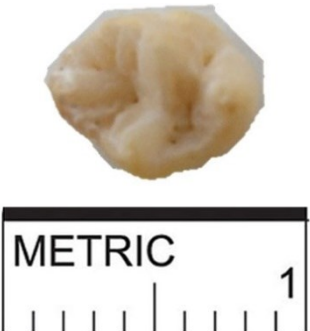
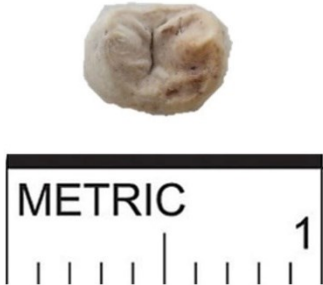


Figura 27. Fotografia dell'arcate inferiore del campione dentale permanente.

A questo punto è stata apportata una selezione dei denti da sottoporre al campionamento per sezioni sottili. Infatti, nonostante l'obiettivo fosse quello di analizzare almeno un dente per ciascuna delle quattro classi dentali, ciò non è stato possibile a causa, per esempio, della frattura a cui tutti e quattro i canini erano stati sottoposti.

La Tabella 2 illustra i denti selezionati:

SITO	DENTE	ID CAMPIONE	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
Necropoli di Hookerd (Iran)	I ¹ sx	KS1	

Necropoli di Hookerd (Iran)	M ¹ dx	KS2	
Necropoli di Hookerd (Iran)	M ² dx	KS3	
Necropoli di Hookerd (Iran)	P ³ dx	KS4	
Necropoli di Hookerd (Iran)	P ⁴ dx	KS5	

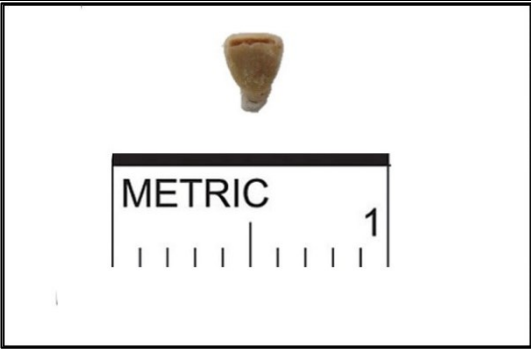
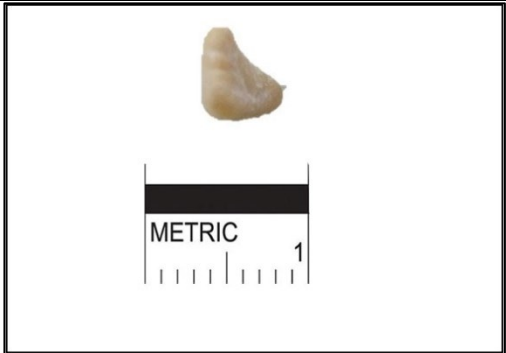
Necropoli di Hookerd (Iran)	i ₁ dx	KS6	
Necropoli di Hookerd (Iran)	l ₂ sx	KS7	

Tabella 2. Indicazione del sito di provenienza del campione dentale, della tipologia di dente in esame, dell'ID scelto per il campione e accompagnamento fotografico.

2.3.2 Creazione delle sezioni sottili: metodologia di taglio

A seguito di un'accurata documentazione fotografica del campione, per ciascun dente è stata tracciata a matita la linea della sezione che si creerà. La sezione istologica, effettuata utilizzando una macchina troncitrice a lama diamantata, deve attraversare longitudinalmente il centro della cuspidale lungo il piano bucco-linguale del dente (Hillson 2014). Le operazioni di creazione delle sezioni sottili (taglio, assottigliamento e lappatura) sono state svolte presso il laboratorio delle sezioni sottili del dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova sotto la supervisione del tecnico di laboratorio Leonardo Tauro. L'analisi al microscopio è stata svolta sempre presso il dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova, sotto la supervisione della Professoressa Lara Maritan.

In laboratorio, i campioni sono stati posti all'interno di una vaschetta di plastica riservando a ciascun cubetto della vaschetta un apposito dente (Figura 28). Lo scopo della vaschetta era quello di creare un ambiente all'interno del quale i denti potessero essere inglobati nella resina, procedura fondamentale affinché non si verificassero fratture della corona al momento del taglio. Per far sì che alcuni denti rimanessero bene in piedi durante la procedura di versamento della resina, si è deciso di porre una goccia di Attack sul fondo e di aspettare che si asciugasse.



Figura 28. Strumenti utilizzati per porre i campioni dentali dentro la vaschetta.

Nel frattempo, è stata realizzata la miscela di resina (*Epoxy Cure Resin Buehler*) e indurente (*Epoxy Cure Hardener Buehler*) che sarebbe poi stata colata all'interno della vaschetta. La proporzione tra resina e indurente è di 23 parti di indurente ogni 100 di resina. Dal momento che si è deciso di iniziare con 20g di resina, sono stati utilizzati 4,6g di indurente misurati con una pipetta da 3ml (Figura 29). Il composto va poi miscelato per appena un minuto (Figura 30) e messo infine nella macchina del vuoto (*CitoVac*) per togliere ogni bolla che potrebbe essere d'ostacolo nella creazione delle sezioni sottili. Una volta raggiunta la trasparenza desiderata, si può rimuovere il campione dalla macchina per il vuoto. Durante il processo di aumento del vuoto, ossia di aspirazione dell'aria, bisogna avere cura di non superare 1atm di pressione per non rovinare il composto durante la degrassazione, ossia la "bollitura" mirante all'evaporazione dell'aria che viene poi aspirata.



Figura 29. Pesatura della miscela.



Figura 30. Mescolatura della miscela.

Durante la procedura di inglobamento dei denti all'interno della resina, ci si è tenuti "a pelo" appena sopra al livello delle cuspidi dei denti. Dal momento che la miscela di resina e indurente si è rivelata quantitativamente insufficiente, si è proceduto con il creare una miscela con altri 5g di resina e 1,15g di indurente.



Figura 31. Campioni dentali inglobati nella resina.

Dopo aver aspettato circa un giorno che la resina si asciugasse per bene, i bordi “sporgenti” dei sette cubi di resina contenenti i campioni dentali sono stati levigati con una carta abrasiva per rendere la superficie piana. A questo punto per ciascun campione è stata ricalcata con un pennarello indelebile nero dalla punta sottile la linea già precedentemente tracciata a matita (Figura 31).

Una volta inserito il campione in un apposito supporto denominato *holder* (Figura 32), assicurandosi che la linea appena tracciata fosse parallela allo strumento, si è proceduto con il montaggio del supporto alla mini-troncatrice (*Minitom 2 Struers*). Alla troncatrice è stato applicato un disco diamantato largo 12,7 pollici e spesso 0,4 mm (Figura 33) sopra al quale è stata posizionata con precisione la linea nera del campione. Rispetto al punto in cui la linea nera tracciata sul campione toccava il disco, la lama è stata spostata di 150/200 micron poiché al momento dell’esecuzione del taglio bisogna tenere conto anche dello spessore stesso del disco per evitare di uscire dal piano di sezione. Una volta proceduto con il taglio ad una bassa velocità, per ciascun campione è stata scelta la metà (idealmente quella più grande) che, ad un primo sguardo al microscopio, si riteneva mostrasse con una migliore definizione la sezione dello smalto.



Figura 32. Montaggio del campione all'holder.

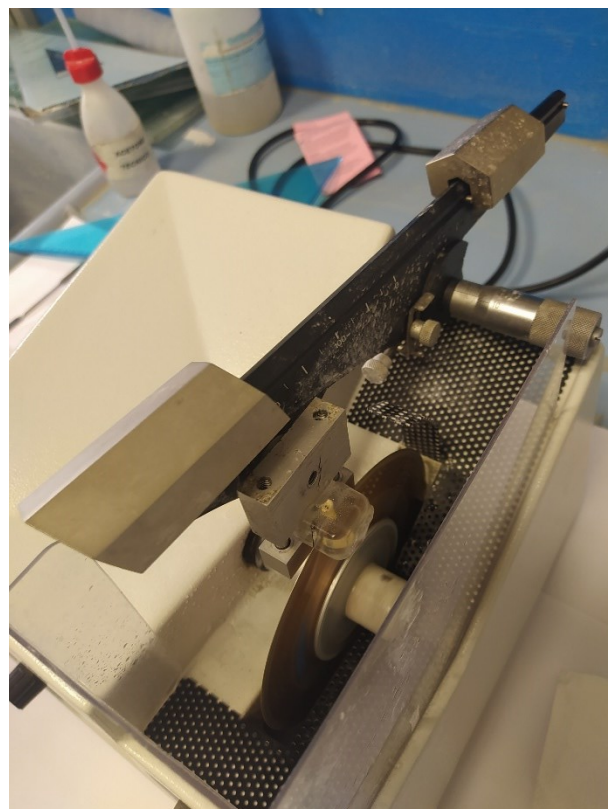


Figura 33. Trancatrice utilizzata per il taglio dei campioni.

Prima di procedere con l'incollaggio del vetrino sulle metà scelte, il lato su cui si sarebbe proceduto con l'incollaggio è stato smerigliato. Su un piano di vetro con polvere abrasiva di carburo di silicio (SiC) sono stati levigati i campioni con grana 800 per rendere la superficie completamente piana. La spianatura avviene con un movimento a forma di 8 sul piano di vetro. Per rimuovere i residui di polvere abrasiva, i campioni vengono immersi in acqua e puliti con gli ultrasuoni, asciugati, incollati al vetrino e infine lasciati ad attaccarsi in forno.

Successivamente, nello step seguente, è stato eseguito un primo retrotaglio (con la macchina *PetroThin*) con un disco diamantato e un secondo taglio per raggiungere l'assottigliamento a 100 micrometri con una mola diamantata. Per assicurarsi di star procedendo nella giusta direzione dopo il primo taglio, è stato misurato lo spessore del vetrino, sottraendo allo spessore del vetrino nel punto a cui è attaccato il campione lo spessore del vetrino stesso (Figura 34).



Figura 34. Strumento utilizzato per misurare lo spessore della sezione.

Le sezioni sono state poi lucidate mettendo prima di tutto due gocce di glicerina su un disco rotante con un rivestimento in alluminio sul quale sono stati posti i vetrini. Poi, il campione è stato inserito nella lucidatrice spruzzando una sospensione di diamante policristallino da 6 micron su un disco rotante con un rivestimento in seta applicando un peso di circa 2kg (Figura 35).

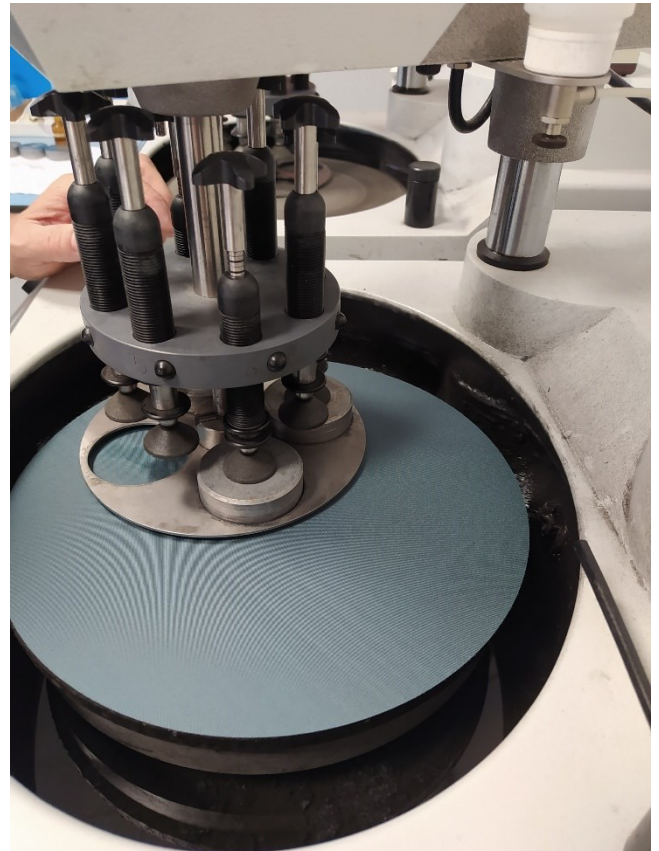
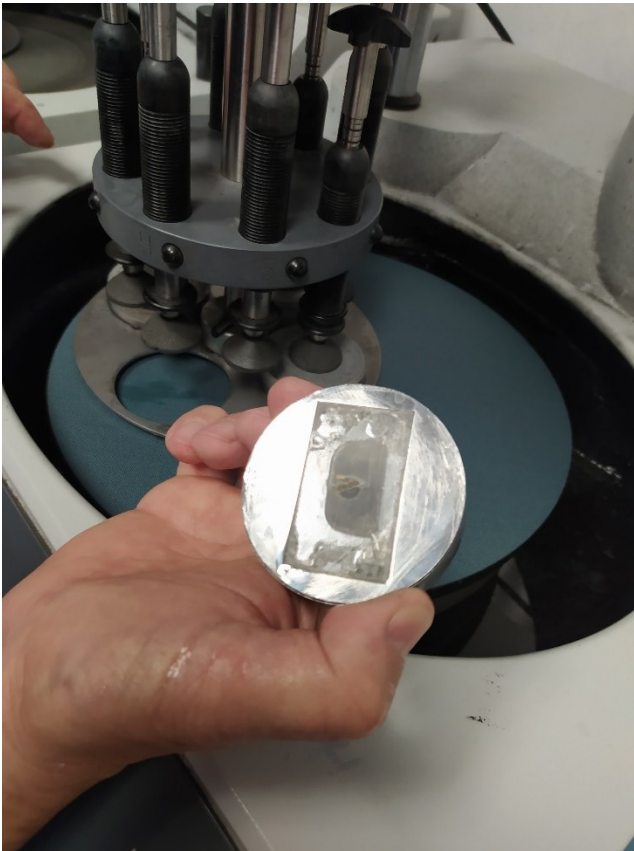


Figura 35. Lucidatura dei vetrini.

Infine, i vetrini sono stati visionati con un microscopio a luce trasmessa con polarizzatore con il quale sono state scattate delle fotografie con un ingrandimento di 5x con lo scopo di costruire il fotomosaico (sfruttando una sovrapposizione almeno del 60% tra un'immagine e l'altra) dell'intera sezione e con un ingrandimento di 10x con lo scopo di costruire il fotomosaico della porzione di dente che sarà successivamente oggetto di analisi. Ogni volta che si impostava uno specifico ingrandimento, si cercava di impostare il fuoco del microscopio affinché fossero chiaramente visibili i prismi e le strie di Retzius. Per ottimizzare l'immagine acquisita con la fotocamera ci si è serviti di un apposito software all'interno del computer collegato al microscopio per regolare il bilanciamento chiaro/scuro.

2.3.3 Analisi istomorfometrica delle sezioni sottili

L'analisi istomorfometrica permette di calcolare il tempo di formazione della corona (o CFT, *Crown Formation Time*) e di metterlo in relazione alla velocità di movimento degli ameloblasti dal corno di dentina verso la superficie del dente. Dopo aver costruito una scala cronologia di formazione della corona, è possibile individuare in quale momento si siano originati degli stress che danno vita alle Linee Accentuate osservabili al microscopio nelle sezioni sottili. Non solo: qualora l'individuo sia morto prima che la corona abbia terminato di formarsi, è possibile stabilire l'età alla morte.

Partendo dal presupposto (Guatelli-Steinberg *et al.* 2012) che nei denti permanenti 200µm di prismi orientati dall'EDJ verso l'esterno del dente equivalgono a circa 70 giorni di secrezione dello smalto nei denti permanenti, è stata realizzata una cronologia di sviluppo della corona costruendo uno schema a zig-zag per tutta la porzione di smalto formatosi. Lo schema, elaborato dal professor Christopher Dean (2009, 2012), prevede di tracciare una iniziale linea di 200µm in corrispondenza del corno di dentina verso la direzione dei prismi dello smalto (la linea blu dal punto A al punto B nella Figura 36). Partendo dal punto B si traccia poi una seconda linea lungo la stria di Retzius (se non visibile una stria in quel preciso punto, si traccia una linea parallela ad un'altra stria di Retzius) fino a quando non si incontra l'EDJ (punto C nella Figura 34). In alcuni casi, come nella Figura 34, al posto di una stria di Retzius si può trovare una Linea Accentuata. Si termina questo primo step dell'analisi istomorfometrica ripetendo lo stesso procedimento (tracciatura prisma dal 200µm e poi della stria di Retzius) finché non si arriva fino al colletto del dente.

Queste linee, realizzate in questo studio grazie all'uso di *Adobe Photoshop*, sono state realizzate in blu qualora si indichino i prismi, in verde in caso di strie di Retzius e in rosso quando sono indicate le Linee Accentuate. Ad ogni segmento da 200µm di prismi e ad ogni Linea Accentuata è stato assegnato un codice alfanumerico progressivo: P1, P2, P3 nel caso dei prismi e AL1, AL2, AL2 nel caso delle Linee Accentuate.



Figura 36. Dettaglio di KS5 con indicato il punto di partenza (A) del primo prisma (P1) da 200 μm , il punto di arrivo del segmento (B) e il punto di arrivo sull'EDJ della Linea Accentuata (immagine elaborata su Photoshop).

Sapendo che ciascuno dei vari segmenti realizzati lungo tutto lo smalto di secrezione dello smalto di 70 giorni è possibile stabilire il tempo necessario alla formazione della corona sommando, da un segmento nella direzione dei prismi ad un altro, 70 giorni di volta in volta.

Una volta tracciate le linee su *Photoshop*, le linee dei prismi sono state misurate per ottenere un risultato più accurato su *Imagej* inserendo come unità di misura il micrometro in relazione al numero dei pixel. I vari risultati ottenuti sono stati inseriti all'interno del software di calcolo *Excel*, realizzando un file per ciascuno dei sei denti oggetto di analisi contenenti tutti tre fogli.

Il primo foglio conteneva le misure ricavate da *Imagej*, utili al calcolo della cronologia di sviluppo della corona del singolo dente partendo dal presupposto che ogni segmento di prisma rappresenta circa 70 giorni di formazione dello smalto. Sapendo che la velocità è espressa dalla

formula s/t , e avendo a disposizione sia la dimensione spaziale entro cui si sono sviluppati i prismi e la velocità quotidiana di secrezione dello smalto (DSR) pari a $2,86 \mu\text{m}/\text{giorno}$, è stata utilizzata la formula inversa $t = s/v$ per calcolare in quanti giorni si fosse formato ogni singolo segmento di prismi tracciato. I vari giorni sono poi stati sommati tra di loro e trasformati prima in mesi e poi in anni.

I singoli intervalli calcolati, però, non sono in questo modo calati all'interno della vita dell'individuo. Sappiamo infatti, che ogni singolo dente inizia a formarsi in momenti diversi della vita (Figure 20, 21, 22) e pertanto bisogna sommare ai giorni, mesi e anni calcolati il tempo che è trascorso nella vita dell'individuo prima che iniziasse la formazione di quello specifico dente. In questo modo è possibile collocare ogni singolo intervallo all'interno di una precisa cronologia evolutiva dell'individuo ed è proprio questo il contenuto del secondo foglio di ciascun file. Per esempio, KS1 è un incisivo centrale che inizia a formarsi a circa 7 mesi e mezzo dopo la nascita. Quindi, per capire quanti anni aveva il soggetto al momento del termine di formazione dell'incisivo centrale bisogna aggiungere mesi a tutti gli intervalli precedentemente sommati. KS3 è un secondo molare che inizia a formarsi a tre anni e mezzo; KS4 è un terzo premolare che inizia a formarsi a tre anni; KS5 è un quarto premolare che inizia a formarsi a quattro anni e, infine, KS7 è un incisivo laterale inferiore che inizia a formarsi dopo un anno.

A questo punto, sfruttando parte dei calcoli già applicati, è stata calcolata anche la lunghezza di ogni segmento di prismi tagliato da una AL a partire dall'EDJ. Sfruttando le formule già menzionate prima è stato possibile capire dopo quanti giorni si sia verificato l'evento di stress aspecifico e calarlo in un preciso momento della vita dell'individuo. Questi calcoli sono stati oggetto del terzo foglio di calcolo dei file *Excel*.

Il calcolo dello sviluppo della corona dell'incisivo inferiore deciduo (KS6) è avvenuto in maniera simile poiché sono state tracciate anche in questo caso le linee dello zig-zag solamente a partire dalla Linea Neonatale dove i prismi sono osservabili con maggiore chiarezza. Sono stati utilizzati dei prismi dalla lunghezza di $100 \mu\text{m}$ come suggerito per l'analisi dei denti decidui (Birch, Dean 2014; Nava *et al.* 2017). Tuttavia, per calcolare lo sviluppo quotidiano della corona si è dovuta applicare la formula di regressione degli incisivi centrali decidui: $y = 0.248 * x + 6.731$ (Birch, Dean 2014). All'interno della formula, Y indica i giorni trascorsi in base alla lunghezza del prisma X. È stata a questo punto calcolata la cronologia di sviluppo della corona applicando la formula di regressione.

CAPITOLO 3

RISULTATI

Il campione dentale oggetto di studio nel seguente elaborato si compone di 22 denti (1 deciduo e 21 permanenti). L'analisi istomorfometrica è stata completata sulla sezione di 5 denti, tra cui un incisivo centrale, un incisivo laterale, un terzo premolare, un quarto premolare, un primo molare e un secondo molare. Si è scelto di non sottoporre all'analisi istomorfometrica completa l'incisivo centrale inferiore deciduo, indicando solamente la Linea Neonatale a causa della difficoltà nell'individuazione dei prismi nella porzione di smalto prenatale. In più, il vetrino del primo molare superiore di destra, KS2, si è rotto durante l'operazione di retrotaglio in laboratorio e di conseguenza non è stato possibile eseguire l'analisi istomorfometrica. Segue la descrizione dente per dente dell'analisi effettuata, della cronologia di sviluppo del dente, del quantitativo di linee accentuate rilevate e del momento della vita dell'individuo in cui si sono verificate.

KS1 - I¹sx. La cronologia è stata svolta fino al punto in cui la corona si è sviluppata. La cronologia di formazione del dente è di circa 2 anni, calata nella vita dell'individuo arriva fino a circa 2 anni e mezzo considerando come inizio di formazione della corona circa i 7 mesi di vita. Sono state notate 3 AL a circa 6 mesi, 1 anno e due mesi e 1 anno e dieci mesi. Di seguito sono riportate le tre tabelle realizzate su *Excel*: la prima indica la cronologia di formazione della corona (Tabella 3), la seconda la cronologia di formazione della corona calandola nella vita dell'individuo in base al momento di inizio di formazione di quello specifico dente (Tabella 4) e la terza la cronologia delle linee accentuate individuate calata nella vita dell'individuo (Tabella 5).

Da	A	Lunghezza prisma (µm)	DSR	Giorni	Giorni cumulativi	Mesi cumulativi	Anni cumulativi
P1	P2	200,000	2,86	69,93	69,93	2,30	0,19
P2	P3	200,099	2,86	69,96	139,89	4,60	0,38
P3	P4	200,250	2,86	70,02	209,91	6,90	0,57
P4	P5	200,573	2,86	70,13	280,04	9,20	0,77
P5	P6	200,699	2,86	70,17	350,22	11,51	0,96
P6	P7	200,207	2,86	70,00	420,22	13,81	1,15

P7	P8	200,695	2,86	70,17	490,39	16,11	1,34
P8	P9	200,467	2,86	70,09	560,49	18,41	1,53
P9	P10	200,784	2,86	70,20	630,69	20,72	1,73
P10	P11	199,937	2,86	69,91	700,60	23,02	1,92
P11	P12	200,941	2,86	70,26	770,86	25,33	2,11

Tabella 3. Cronologia di formazione della corona del campione KS1.

Da	A	Giorni	Mesi	Anni
P1	P2	206,90	6,80	0,57
P2	P3	276,86	9,10	0,76
P3	P4	346,88	11,40	0,95
P4	P5	417,01	13,70	1,14
P5	P6	487,19	16,01	1,33
P6	P7	557,19	18,31	1,53
P7	P8	627,36	20,61	1,72
P8	P9	697,45	22,91	1,91
P9	P10	767,66	25,22	2,10
P10	P11	837,57	27,52	2,29
P11	P12	907,83	29,83	2,49

Tabella 4. Cronologia di formazione della corona calata nella vita dell'individuo definita in giorni, mesi e anni.

AL	Giorni	Mesi	Anni
AL1	175,56	5,77	0,48
AL2	423,87	13,93	1,16

AL3	677,59	22,26	1,86
------------	--------	-------	------

Tabella 5. Cronologia delle Linee Accentuate calata nella vita dell'individuo, definita in giorni, mesi e anni.

KS3 - M²dx. La cronologia è stata svolta fino al punto in cui la corona si è sviluppata. La cronologia di formazione del dente è di circa 2 anni, calata nella vita dell'individuo arriva fino a circa 5 anni e mezzo mesi considerando come inizio di formazione della corona i 3 anni e mezzo di vita. Sono state notate 3 AL a circa 3 anni e sette mesi, 4 anni e due mesi e 5 anni. Di seguito riportate le tre tabelle realizzate su *Excel*: la prima indica la cronologia di formazione della corona (Tabella 6), la seconda la cronologia di formazione della corona calandola nella vita dell'individuo in base al momento di inizio di formazione di quello specifico dente (Tabella 7) e la terza la cronologia delle linee accentuate individuate all'interno della vita dell'individuo (Tabella 8).

Da	A	Lunghezza prisma (µm)	DSR	Giorni	Giorni cumulativi	Mesi cumulativi	Anni cumulativi
P1	P2	200,31	2,86	70,04	69,93	2,30	0,19
P2	P3 (AL2)	206,455	2,86	72,19	142,12	4,67	0,39
P3	P4	201,846	2,86	70,58	212,69	6,99	0,58
P4	P5	200,825	2,86	70,22	282,91	9,29	0,77
P5	P6	198,998	2,86	69,58	352,49	11,58	0,97
P6	P7	198,654	2,86	69,46	421,95	13,86	1,16
P7	P8	199,192	2,86	69,65	491,60	16,15	1,35
P8	P9	199,106	2,86	69,62	561,22	18,44	1,54
P9	P10	198,492	2,86	69,40	630,62	20,72	1,73

Tabella 6. Cronologia di formazione della corona del campione KS3.

Da	A	Giorni	Mesi	Anni
P1	P2	1348,31	44,30	3,69
P2	P3 (AL2)	1420,49	46,67	3,89

P3	P4	1491,07	48,99	4,08
P4	P5	1561,29	51,29	4,27
P5	P6	1630,87	53,58	4,47
P6	P7	1700,33	55,86	4,66
P7	P8	1769,97	58,15	4,85
P8	P9	1839,59	60,44	5,04
P9	P10	1908,99	62,72	5,23

Tabella 7. Cronologia di formazione della corona calata nella vita dell'individuo definita in giorni, mesi e anni.

AL	Giorni	Mesi	Anni
AL1	1315,19	43,21	3,60
AL3	1536,72	50,49	4,21
AL4	1807,91	59,40	4,95

Tabella 8. Cronologia delle Linee Accentuate calata nella vita dell'individuo, definita in giorni, mesi e anni.

KS4 - P³dx. La cronologia è stata svolta su tutta la corona. La cronologia di formazione del dente è di circa 2 anni e mezzo, calata nella vita dell'individuo arriva fino a circa 5 anni e mezzo considerando come inizio di formazione della corona i 3 anni di vita. Sono state notate 4 AL a circa 3 anni e un mese, 3 anni e tre mesi, 4 anni e un mese e 4 anni e quattro mesi. Di seguito riportate le tre tabelle realizzate su *Excel*: la prima indica la cronologia di formazione della corona (Tabella 9), la seconda la cronologia di formazione della corona calandola nella vita dell'individuo in base al momento di inizio di formazione di quello specifico dente (Tabella 10) e la terza la cronologia delle linee accentuate individuate all'interno della vita dell'individuo (Tabella 11).

Da	A	Lunghezza prisma (µm)	DSR	Giorni	Giorni cumulativi	Mesi cumulativi	Anni cumulativi
P1	P2 (AL1)	201,795	2,86	70,56	69,93	2,30	0,19
P2	P3	201,235	2,86	70,36	140,29	4,61	0,38

P3	P4	202,042	2,86	70,64	210,94	6,93	0,58
P4	P5	202,447	2,86	70,79	281,72	9,26	0,77
P5	P6	202,762	2,86	70,90	352,62	11,58	0,97
P6	P7	201,908	2,86	70,60	423,21	13,90	1,16
P7	P8	202,7	2,86	70,87	494,09	16,23	1,35
P8	P9	203,136	2,86	71,03	565,12	18,57	1,55
P9	P10	203,415	2,86	71,12	636,24	20,90	1,74
P10	P11	202,63	2,86	70,85	707,09	23,23	1,94
P11	P12	202,574	2,86	70,83	777,92	25,56	2,13
P12	P13	209,955	2,86	73,41	851,33	27,97	2,33
P13	P14 (AL6)	218,004	2,86	76,23	927,56	30,47	2,54
P14	P15	209,194	2,86	73,14	1000,70	32,88	2,74

Tabella 9. Cronologia di formazione della corona del campione KS4.

Da	A	Giorni	Mesi	Anni
P1	P2 (AL1)	1165,68	38,30	3,19
P2	P3	1236,04	40,61	3,38
P3	P4	1306,69	42,93	3,58
P4	P5	1377,47	45,26	3,77
P5	P6	1448,37	47,58	3,97
P6	P7	1518,96	49,90	4,16
P7	P8	1589,84	52,23	4,35
P8	P9	1660,87	54,57	4,55
P9	P10	1731,99	56,90	4,74

P10	P11	1802,84	59,23	4,94
P11	P12	1873,67	61,56	5,13
P12	P13	1947,08	63,97	5,33
P13	P14 (AL6)	2023,31	66,47	5,54
P14	P15	2096,45	68,88	5,74

Tabella 10. Cronologia di formazione della corona calata nella vita dell'individuo definita in giorni, mesi e anni.

AL	Giorni	Mesi	Anni
AL2	1250,90	41,10	3,42
AL3	1384,03	45,47	3,79
AL4	1684,23	55,33	4,61
AL5	1768,62	58,11	4,84

Tabella 11. Cronologia delle Linee Accentuate calata nella vita dell'individuo, definita in giorni, mesi e anni.

KS5 - P⁴dx. La cronologia è stata svolta fino al punto in cui la corona si è sviluppata. La cronologia di formazione del dente è di circa 1 anno e mezzo, calata nella vita dell'individuo arriva fino a circa 5 anni e mezzo considerando come inizio di formazione della corona i 4 anni di vita. Sono state notate 4 AL durante i 4 anni di vita a circa 4 anni e 2 mesi, 4 anni e 4 mesi, 4 anni e 8 mesi e 4 anni e 10 mesi. Di seguito riportate le tre tabelle realizzate su *Excel*: la prima indica la cronologia di formazione della corona (Tabella 12), la seconda la cronologia di formazione della corona calandola nella vita dell'individuo in base al momento di inizio di formazione di quello specifico dente (Tabella 13) e la terza la cronologia delle linee accentuate individuate all'interno della vita dell'individuo (Tabella 14).

Da	A	Lunghezza prisma (µm)	DSR	Giorni	Giorni cumulativi	Mesi cumulativi	Anni cumulativi
P1	P2	211,96	2,86	74,11	69,93	2,30	0,19
P2	P3	211,58	2,86	73,98	143,91	4,73	0,39

P3	P4	206,34	2,86	72,15	216,05	7,10	0,59
P4	P5	218,37	2,86	76,35	292,40	9,61	0,80
P5	P6	181,41	2,86	63,43	355,83	11,69	0,97
P6	P7	210,99	2,86	73,77	429,61	14,11	1,18
P7	P8	211,58	2,86	73,98	503,59	16,54	1,38

Tabella 12. Cronologia di formazione della corona del campione KS5.

Da	A	Giorni	Mesi	Anni
P1	P2	1530,93	50,30	4,19
P2	P3	1604,91	52,73	4,39
P3	P4	1677,05	55,10	4,59
P4	P5	1753,40	57,61	4,80
P5	P6	1816,83	59,69	4,97
P6	P7	1890,61	62,11	5,18
P7	P8	1964,59	64,54	5,38

Tabella 13. Cronologia di formazione della corona calata nella vita dell'individuo definita in giorni, mesi e anni.

AL	Giorni	Mesi	Anni
AL1	1513,58	49,73	4,14
AL2	1587,08	52,14	4,35
AL3	1694,23	55,66	4,64
AL4	1763,45	57,94	4,83

Tabella 14. Cronologia delle Linee Accentuate calata nella vita dell'individuo, definita in giorni, mesi e anni.

KS6 - i₁dx. La cronologia è stata svolta dal punto in cui è stata individuata la Linea Neonatale fino alla fine della corona. La cronologia di formazione di questa porzione di corona è di circa 4 mesi.

Di seguito riportata la cronologia della corona di sviluppo a partire dalla Linea Neonatale (Tabella 15).

Da	A	Lunghezza prisma (micron)	Giorni	Giorni cumulativi	Mesi cumulativi	Anni cumulativi
P1	P2	99,533	31,42	31,42	1,03	0,09
P2	P3	99,178	31,33	62,74	2,06	0,17
P3	P4	99,702	31,46	94,20	3,09	0,26
P4	P5	100,092	31,55	125,75	4,13	0,34

Tabella 15. Cronologia di formazione della corona del campione KS6 a partire dalla Linea Neonatale.

KS7 - I₂SX. La cronologia è stata svolta fino al punto in cui la corona si è sviluppata. La cronologia di formazione del dente è di circa 4 anni, calata nella vita dell'individuo arriva fino a circa 5 anni considerando come inizio di formazione della corona 1 anno di vita. Sono state notate 2 AL verso circa 1 anno e tre mesi e 1 anno e dieci mesi. Di seguito riportate le tre tabelle realizzate su *Excel*: la prima indica la cronologia di formazione della corona (Tabella 16), la seconda la cronologia di formazione della corona calandola nella vita dell'individuo in base al momento di inizio di formazione di quello specifico dente (Tabella 17) e la terza la cronologia delle linee accentuate individuate all'interno della vita dell'individuo (Tabella 18).

Da	A	Lunghezza prisma (µm)	DSR	Giorni	Giorni cumulativi	Mesi cumulativi	Anni cumulativi
P1	P2	200	2,86	69,93	69,93	2,30	0,19
P2	P3	198,038	2,86	69,24	139,17	4,57	0,38
P3	P4	166,842	2,86	58,34	197,51	6,49	0,54
P4	P5	197,286	2,86	68,98	266,49	8,76	0,73
P5	P6	201,673	2,86	70,52	337,01	11,07	0,92
P6	P7 (AL3)	208,008	2,86	72,73	409,74	13,46	1,12
P7	P8	201,735	2,86	70,54	480,27	15,78	1,31
P8	P9	200,961	2,86	70,27	550,54	18,09	1,51

P9	P10 (AL4)	201,073	2,86	70,31	620,84	20,40	1,70
P10	P11	202,158	2,86	70,68	691,53	22,72	1,89
P11	P12	200,463	2,86	70,09	761,62	25,02	2,09
P12	P13	201,034	2,86	70,29	831,91	27,33	2,28
P13	P14	201,877	2,86	70,59	902,50	29,65	2,47
P14	P15	201,753	2,86	70,54	973,04	31,97	2,66
P15	P16	200,368	2,86	70,06	1043,10	34,27	2,86
P16	P17	197,286	2,86	68,98	1112,08	36,54	3,04
P17	P18	197,647	2,86	69,11	1181,19	38,81	3,23
P18	P19	197,413	2,86	69,03	1250,21	41,07	3,42
P19	P20	197,269	2,86	68,98	1319,19	43,34	3,61
P20	P21	198,783	2,86	69,50	1388,69	45,62	3,80

Tabella 16. Cronologia di formazione della corona del campione KS7.

Da	A	Giorni	Mesi	Anni
P1	P2	435,18	14,30	1,19
P2	P3	504,42	16,57	1,38
P3	P4	562,76	18,49	1,54
P4	P5	631,74	20,76	1,73
P5	P6	702,26	23,07	1,92
P6	P7 (AL3)	774,99	25,46	2,12
P7	P8	845,52	27,78	2,31
P8	P9	915,79	30,09	2,51

P9	P10 (AL4)	986,09	32,40	2,70
P10	P11	1056,78	34,72	2,89
P11	P12	1126,87	37,02	3,09
P12	P13	1197,16	39,33	3,28
P13	P14	1267,75	41,65	3,47
P14	P15	1338,29	43,97	3,66
P15	P16	1408,35	46,27	3,86
P16	P17	1477,33	48,54	4,04
P17	P18	1546,44	50,81	4,23
P18	P19	1615,46	53,07	4,42
P19	P20	1684,44	55,34	4,61
P20	P21	1753,94	57,62	4,80

Tabella 17. Cronologia di formazione della corona calata nella vita dell'individuo definita in giorni, mesi e anni.

AL	Giorni	Mesi	Anni
AL1	463,49	15,23	1,27
AL2	682,60	22,43	1,87

Tabella 18. Cronologia delle Linee Accentuate calata nella vita dell'individuo, definita in giorni, mesi e anni.

CAPITOLO 4

DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Questo lavoro di tesi ha come obiettivi ricostruire l'età alla morte e lo stato di salute attraverso l'analisi istologica e istomorfometrica della dentizione decidua e permanente di un campione dentale che si compone di 22 denti (1 deciduo e 21 permanenti) di cui 6 sono stati sottoposti all'analisi istomorfometrica, uno per classe dentaria (I^1sx , M^2dx , P^3dx , P^4dx , I_2sx , i_1dx). Nonostante ne sia stata realizzata la sezione sottile non è stata eseguita l'analisi istomorfometrica del primo molare superiore di destra (KS2) poiché il vetrino si è rotto durante l'operazione di retrotaglio in laboratorio.

Poiché il campione è stato rinvenuto a seguito di una ricognizione di superficie della necropoli di Hookerd (Iran sudorientale, III millennio a.C.) a seguito dei numerosi scavi illeciti che hanno caratterizzato la regione del Kerman, il contesto archeologico non è stato d'aiuto nel chiarire le circostanze di deposizione del campione. Ad ogni modo, indipendentemente dal contesto di rinvenimento, lo smalto dei denti presentava un buono stato di conservazione.

Il campione è stato sottoposto ad una preliminare indagine macroscopica da parte del dottor Luca Bondioli che ha stabilito come si trattasse di un unico individuo e ha stimato l'età alla morte in un intervallo compreso fra i 5 e i 6 anni di età. Tuttavia, già da una iniziale analisi macroscopica, basandosi sulle tavole di riferimento elaborate da AlQahtani (2010), è stato possibile constatare come il campione non fosse composto unicamente da un solo individuo. Si è notato, infatti, che la maggior parte dei denti esaminati delineava il profilo di sviluppo dentale di un subadulto di età compresa fra i 5 e i 6 anni ad eccezione del primo molare superiore di destra (KS2). Il primo molare, secondo quanto sostenuto dalle tavole di AlQahtani, avrebbe dovuto presentare delle radici sviluppate per $\frac{1}{4}$ della loro lunghezza se fosse appartenuto ad un individuo di età fra i 5 e i 6 anni, mentre invece ne era completamente sprovvisto. Dal momento che la corona appariva completa per $\frac{3}{4}$, si può sostenere quindi che KS2 apparteneva ad un subadulto di età compresa fra i 3,5 e i 4 anni d'età. Più complesso è invece stabilire quale fosse originariamente lo stadio di sviluppo dell'incisivo inferiore centrale deciduo (KS6), la cui corona è completamente sviluppata e non sono presenti radici, probabilmente spezzate. Di conseguenza, non è possibile stabilire a quale dei due individui attualmente identificati appartenga KS6.

L'osservazione delle sezioni sottili al microscopio a luce trasmessa con polarizzatore ha permesso di stabilire che nessuna corona, ad eccezione dell'incisivo inferiore centrale deciduo il cui

sviluppo risultava completo e quindi inutile al fine di stabilire l'età alla morte, aveva effettivamente concluso il suo sviluppo al momento del decesso, motivo per cui tutti i campioni sono stati oggetto di analisi istomorfometrica con il fine di stabilire l'età cronologica di morte. La stima dell'età, che è quindi possibile indicare in base ai risultati ottenuti, è compresa tra i 5 e i 5,5 anni di vita. È opportuno però segnalare che l'analisi istomorfometrica eseguita presenta un risultato non in linea con gli altri campioni dentali: l'incisivo superiore centrale di destra (KS1) indica infatti circa 2 anni e 6 mesi al momento della morte. Data l'elevata differenza dell'età stimata rispetto agli altri campioni (KS3, KS4, KS5), si intuisce che KS1 appartenga ad un altro individuo, così come già dimostrato macroscopicamente per KS2. Data la vicinanza d'età stimata nei due denti KS2 e KS1, identificati come appartenenti ad altri individui, si suppone che possano appartenere entrambi ad un unico individuo. Ancora incerta, tuttavia, rimane l'appartenenza dell'incisivo inferiore centrale KS6 poiché il suo stadio di sviluppo della corona combacia sia con il profilo di un individuo di 3 anni sia con quello di un subadulto tra i 5 e 5,5 anni. Infatti, l'analisi istomorfometrica indica che a partire dalla Linea Neonatale sono trascorsi 4 mesi, ovvero il tempo necessario affinché l'incisivo centrale deciduo finisca di svilupparsi completamente. La mancanza di radici, e la conseguente mancanza di analisi del loro stadio di sviluppo, non ha permesso di stabilire con maggiore precisione l'età dell'individuo a cui apparteneva l'incisivo inferiore deciduo.

La Tabella 19 è un riassunto dei risultati complessivi dei denti sottoposti ad osservazione macroscopica e analisi istomorfometrica:

ID CAMPIONE	DENTE	CIT	CFT	STADIO DI SVILUPPO	ETÀ STIMATA
KS1	I ¹ sx	7 mesi	2 anni	Cr ½	2,7 anni
KS2	M ¹ dx	-	-	Cr ¾	3 anni
KS3	M ² dx	3,5-4,5 anni	2 anni	Cr ½	5,5 anni
KS4	P ³ dx	3 anni	2,5 anni	Cr ¾	5,5 anni
KS5	P ⁴ dx	4 anni	1,5 anni	Cr ½	5,5 anni
KS6	i ₁ dx	-	4 mesi*	Crc	-
KS7	I ₂ sx	1 anni	4 anni	Cr ¾	5

Tabella 19. Riportati, in ordine: l'ID del campione, il dente oggetto di analisi, la Crown Initiation Time, la Crown Formation Time, lo stadio di sviluppo del dente secondo AlQuahtani e infine l'età stimata.

**Conteggio calcolato a partire dalla formazione della Linea Neonatale.*

Riepilogando, quindi, emergono chiaramente (almeno) due differenti profili di sviluppo di due individui distinti, uno di età fra i 2,5-3 e l'altro di 5-5,5 anni. Senza l'analisi istomorfometrica

della corona del dente non sarebbe stato possibile comprendere che anche I¹sx, così come M¹dx, non appartiene allo stesso individuo degli altri denti campionati poiché la sola analisi morfologica non avrebbe permesso di rilevarlo.

Osservando invece il manifestarsi di eventi stressanti aspecifici, si può notare che essi non si concentrino in un momento particolare della vita degli individui, ma siano tutto sommato continui e omogenei. Come sostenuto da precedenti studi (Nava *et al.* 2019, FitzGerald *et al.* 2006), gli eventi stressanti che si verificano nei primi anni di vita si ipotizzano essere dovuti al cambiamento di alimentazione dovuto allo svezzamento e alle malattie esantematiche dovute alla mancanza di anticorpi in quella fase della vita dell'individuo.

Concludendo, dato l'interesse nell'ultimo ventennio per quest'area geografica di cui si sa relativamente ancora poco dal punto di vista archeologico, è evidente come analisi bioarcheologiche come questa possano essere estremamente significative per ampliare il quadro conoscitivo sulla popolazione di riferimento a questa civiltà, che rivestiva un ruolo chiave a livello economico e politico su scala regionale e interregionale nel corso del III millennio a. C. La seguente analisi dentale, infatti, è la prima che viene svolta nella necropoli di Hookerd e proprio per questo motivo, ci si auspica in futuro di poter svolgere queste analisi su un campione più ampio che potrebbe avere un maggiore valore statistico e, nello specifico caso della civiltà di Jiroft, amplierebbe le nostre conoscenze da un punto di vista biologico sulla popolazione nella valle del Kerman del III millennio a. C.

Il confronto più vicino per altre analisi di stress fisiologico nella prima infanzia, sia a livello temporale che a livello geografico, è quello con Shahr-i sokhta, un fiorente centro urbano dell'Iran centro-orientale nell'Età del Bronzo. Analisi svolte su reperti del V millennio a. C. (Lorentz *et al.* 2021; Lorentz *et al.* 2019), quindi del periodo precedente alla nascita di tale complesso urbano, indicano come la maggior parte delle Linee Accentuate si concentrino nel primo anno di vita, ovvero quel periodo in cui si verificano importanti svolte nella vita del subadulto come imparare a gattonare, camminare, poter raccogliere oggetti e metterli in bocca. Questi cambiamenti possono essere talvolta nocivi per la vita dell'individuo, in quanto possono causare lesioni e contatto con agenti patogeni.

Nonostante le evidenze di Shahr-i sokhta, tuttavia, il campione dentale di Hookerd non può confermare una maggiore concentrazione di eventi stressanti nel primo anno della vita degli individui poiché l'unico dente tra quelli analizzati che comprende anche solo parzialmente i primi 12 mesi di vita è I¹sx, statisticamente non rilevante. Proprio per questo motivo sarebbe utile poter

avere a disposizione un campione dentale più vasto, in modo da poter elaborare delle statistiche confrontabili con quelle già elaborate da siti archeologici limitrofi. Ad ogni modo, è registrata una sola Linea Accentuata in quel campione, in contrasto con le evidenze registrate a Shahr-i sokhta.

A tal proposito, sempre per quanto riguarda il contesto archeologico di Shahr-i sokhta, sono state svolte delle analisi (Lorentz *et al.* 2019) che mettono in luce la correlazione tra la quantità di eventi stressanti registrati nello smalto prenatale e età della morte. Si ipotizza, infatti, come il fattore critico per la mortalità nella prima infanzia possa essere la quantità di stress prenatale sperimentato, e non la prevalenza o la frequenza dello stress postnatale durante il primo anno. Sarebbe interessante poter sottoporre ad analisi ulteriori campioni provenienti dalla necropoli di Hookerd per confermare o meno questa ipotesi.

In questo elaborato l'analisi si è concentrata unicamente sull'età alla morte e sull'individuazione di eventi stressanti, tuttavia, il dente è un reperto che è in grado di fornire potenzialmente anche altri dati che si potrebbero rivelare interessanti quali sesso dell'individuo (Stewart *et al.* 2017; Lugli *et al.* 2019; Lugli *et al.* 2020) e informazioni sull'alimentazione tramite l'analisi degli isotopi del carbonio e dell'azoto (Cerling 1997; Bedaso 2013; Richards 2015).

BIBLIOGRAFIA

- AlQahtani S., Hector M., Liversidge H. (2010). Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology*, 142(3).
- Ascalone E. (2019). Jiroft as seen from Susa. *Telematic Bulletin of Art* 870.
- Ascalone E. (2020). Pesi dall'Iran Orientale. Metrologia a Shahr-i Sokhta e Konar Sandal in un articolato e integrato sistema di relazioni. In: Usai D., Tuzzato S., Vidale M., eds. *Tales of Three Worlds - Archaeology and Beyond: Asia, Italy, Africa: A Tribute to Sandro Salvatori*. Archeopress.
- Bedaso Z. K., Wynn J. G., Alemseged Z., Geraads D. (2013). Dietary and paleoenvironmental reconstruction using stable isotopes of herbivore tooth enamel from middle Pliocene Dikika, Ethiopia: implication for Australopithecus afarensis habitat and food resources. *Journal of Human Evolution*, 64(1).
- Beynon A. D., Dean M. C. (1991). Hominid dental development. *Nature*, 351.
- Birch W., Dean M.C. (2014). A method of calculating human deciduous crown formation times and of estimating the chronological ages of stressful events occurring during deciduous enamel formation. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 22.
- Booth R.K., Jackson S.T., Forman S.L., Kutzbach J.E., Bettis E.A., Kreig J., Wright D.K. (2005). A severe centennial-scale drought in midcontinental North America 4200 years ago and apparent global linkages. *The Holocene* 15(3).
- Boyde A. (1976). Amelogenesis and the development of teeth. In: *Scientific foundations of dentistry*, Cohen B., Kramer I. R. H., eds. Londra.
- Boyde A. (1989). Enamel. In: *Teeth*; Oksche A, Vollrath L, eds. Springer-Verlag, Berlin.
- Caldwell J. R. (1967) *Investigations at Tal-i Iblis*. Illinois State Museum: Springfield, IL.
- Cerling T. E., Harris J. M., Ambrose S.H., Leakey M. G., Solounias N. (1997). Dietary and environmental reconstruction with stable isotope analyses of herbivore tooth enamel from the Miocene locality of Fort Ternan, Kenya. *Journal of Human Evolution*, 33(6).
- Collon D. (1998). Lapis Lazuli from the East: a Stamp Seal in the British Museum. *Ancient Civilizations from Scythia to Siberia* 5(1).
- Davis P. J., Hagg U. (1994). The accuracy and precision of the "Demirjian system" when used for age determination in Chinese children. *Swedish Dental Journal*, 18.
- Dean M. C. (1998). A comparative study of cross striation spacing in cuspal enamel and of four methods of estimating the time taken to grow molar cuspal enamel in Pan, Pongo and Homo. *Journal of Human Evolution*, 35.

- Dean M. C., Beynon A. D., Thackeray J. F., Macho G. A. (1993). Histological reconstruction of dental development and age at death of a juvenile *Paranthropus robustus* specimen, SK 63, from Swartkrans, South Africa. *American Journal of Physical Anthropology* 91.
- Dean M.C. (2009). Extension rates and growth in tooth height of modern humans and fossil hominin canines and molars. *Frontiers of Oral Biology*, 13.
- Dean M.C. (2012). A histological method that can be used to estimate the time taken to form the crown of a permanent tooth. *Methods in Molecular Biology*, 915.
- Desset F. (2014). A new writing system discovered in 3rd millennium BCE Iran: the Konar sandal "geometric" tablets. *Iranica Antiqua* 49.
- Desset F., Tabibzadeh K., Kervran M., Basello G. P. and Marchesi G. (2022) *Zeitschrift für Assyriologie und vorderasiatische Archäologie* 112.
- Desset F., Vidale M., Soleimani N. A. (2013). Mahtoutabad III (Province of Kerman, Iran): An "Uruk-Related" Material Assemblage in Eastern Iran. *Journal of the British Institute of Persian Studies* 51.
- Desset, F. (2018) *Survey of the Relation Between the Halil Rud Culture Chlorite Artefacts and Their Decorative Pattern*. Paper presented at the 2nd International Conference on the Archaeology of Southeastern Iran, Jiroft, 11-13 December 2017.
- Dixit Y., Hodell A.A., Petrie C.A. (2014). Abrupt weakening of the summer monsoon in northwest India ~4100 yr ago. *Geology* 42(4).
- Dutt S., Gupta A.K., Wünnemann B., Yanc D. (2018). A long arid interlude in the Indian summer monsoon during ~4,350 to 3,450 cal. yr BP contemporaneous to displacement of the Indus valley civilization. *Quaternary International* 482.
- Eli I., Sarnat H., Talmi E. (1989). Effect of the birth process on the neonatal line in primary tooth enamel. *Pediatric Dentistry*, 11.
- Eskandari N., Desset F., Shafiee M., Shahsavari M., Anjamrouz S., Caldana I., Daneshi A., Shahdadi Vidale M. (2021) Preliminary Report on the Survey of Hajjiabad-Varamin, a Site of the Konar Sandal Settlement Network (Jiroft, Kerman, Iran). *Iran: journal of the British Institute of Persian Studies*, DOI: 10.1080/05786967.2021.1936595.
- Fallah B., Sodoudi S., Russo E., Kirchner I., Cubasch U. (2015). Towards modeling the regional rainfall changes over Iran due to the climate forcing of the past 6000 years. *Quaternary International*, 429.
- FitzGerald C. M., Saunders S., Bondioli L., Macchiarelli R. (2006). Health of infants in an Imperial Roman skeletal sample: perspective from the dental microstructure. *American Journal of Physical Anthropology* 130(2).
- Fleitmann D., Burns S. J., Mudelsee M., Neff U., Kramers J., Mangini A. and Matter A. (2003). Holocene Forcing of the Indian Monsoon Recorded in a Stalagmite from Southern Oman. *Science*, 300(5626).

- Fouache, E., Garçon, D., Rousset, D., Sénéchal, G., Madjidzadeh, Y. (2005). La vallée de l'Halil Roud (region de Jiroft, Iran): étude géoarchéologique, méthodologie et résultats préliminaires. *Paléorient* 31(2).
- Frankfort H. (1970), *The Art and Architecture of the Ancient Orient*, 4th ed., Harmondsworth, Penguin.
- Gao H., Zhu C., Xu W. (2007). Environmental change and cultural response around 4200 cal. yr BP in the Yishu River Basin. Shandong. *Journal of Geographical Sciences* 17.
- Garn S. M., Lewis A. B., Koski K., Polacheck D. L. (1958). The sex difference in tooth calcification. *Journal of Dental Research*, 37.
- Goodman A. H., Rose J. C (1990). Assessment of systemic physiological perturbations from dental enamel hypoplasia and associated structures. *Yearbook of Physical Anthropology*, 33.
- Guatelli-Steimberg D., Floyd B. A., Dean M. C. e Reid D. J. (2012). Enamel extension rate patterns in modern human teeth: two approaches designed to establish an integrated comparative context for fossil primates. *Journal of Human Evolution*, 63.
- Gurjazkaite K., Routh J., Djamali M., Vaezi A., Poher Y., Beni A., Tavakoli V., Kylin H. (2018). Vegetation history and human-environment interactions through the late Holocene in Konar Sandal, SE Iran. *Quaternary Science Reviews* 194.
- Hakemi A. (1997). *Shahdad: Archaeological Excavations of a Bronze Age Center in Iran*. Roma: ISIAO, Reports and Memories.
- Harris E. F., McKee J. H. (1990). Tooth mineralization standards for blacks and whites from the middle southern United States. *Journal of Forensic Sciences*, 35(4).
- Hejebri Nobari, A., Basafa H., Khatib Shahidi H., Neyestani J. (2012). A Comparative Study of Chlorite Vessels Iconography, Discovered from Halil Rud Basin. *Archives des Sciences* 65, 1, pp. 2-11
- Hillson S. (1996). *Dental Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillson S. (2014). *Tooth Development in Human Evolution and Bioarchaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kenoyer J. M. (1998). *Ancient Cities of the Indus Valley Civilization*. Karachi, American Institute of Pakistan Studies and Oxford University Press.
- Kohl P. L. (1978). The Balance of Trade in Southwestern Asia in the Third Millennium B.C. *Current Anthropology* 19(3).
- Kohl P. L. (2007). *The Making of Bronze Age Eurasia*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lamberg-Karlovsky C.C. (1970). *Excavations at Tepe Yahya, Iran: 1967-1969 Progress Report*. Cambridge: American School of Prehistoric Research, Harvard University
- Lamberg-Karlovsky, C.C. (1971). An Early City in Iran. *Scientific American*, 224(6).

- Lamberg-Karlovsky. C. C. (1975). Third millennium modes of exchange and modes of production. In: *Ancient Civilization and Trade*. University of New Mexico Press.
- Lawler A. (2011). A publication of the Archaeological Institute of America: The Word in between. *Archaeology* 64.
- Loevy H. (1983). Maturarion of permanent teeth in black and latino children. *Acta de Odontologia Pediatrica*, 4.
- Lorentz K. O., Lemmers S. A. M., Chrysostomou C., Dirks W., Zaruri R. M., Foruzanfar F., Sajjadi S. M. S. (2021). First permanent molars with accentuated line patterns: Assessment of childhood health in an urban complex of the fifth millennium before the present. *Archives of Oral Biology*, 123.
- Lorentz K. O., Lemmers S. A. M., Chrysostomou C., Dirks W., Zaruri R. M., Foruzanfar F., Sajjadi S. M. S. (2019). Use of dental microstructure to investigate the role of prenatal and early life physiological stress in age at death. *Journal of Archaeological Science*, 104.
- Lugli F., Di Rocco G., Vazzana A., Genovese F., Pinetti D., Cilli E., Carile M.C., Silvestrini S., Gabanini G., Buti L., Bortolini E, Cipriani A., Figus C., Marciani G., Oxila 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(1).
- Lugli F., Figus C., Silvestrini S., Costa V., Bortolini E., Conti S., Peripoli B., Nava A., Sperduti A., Lamanna L., Bondioli L., Benazzi S. (2020). Sex-related morbidity and mortality in non-adult individuals from the Early Medieval site of Valdaro (Italy): the contribution of dental enamel peptide analysis. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 34A.
- Madjidzadeh Y. (2003a). *Jiroft: The Earliest Oriental Civilization*. Tehran: Ministry of Culture and Islamic Guidance.
- Madjidzadeh Y. (2008). Excavations at Konar Sandal in the region of Jiroft in the Halil Basin: first preliminary report (2002–2008) (with a contribution on glyptic art by Holly Pittman). *Iran* 46.
- Madjidzadeh Y., ed. (2003b) Jiroft: Fabuleuse découverte en Iran. *Dossiers d’Archéologie*, 287.
- Madjidzadeh, Y. (2012). Jiroft tablets and the origin of the Linear elamite writing system. *Cultural relations between the Indus and the Iranian plateau during the third millennium BCE*, 217-43.
- Madjidzadeh, Y., Pittman, H. (2008). Excavations at Konar Sandal in the Region of Jiroft in the Halil Basin: First Preliminary Report. *Iran* 46.
- Mahoney P., Miskiewicz J. J., Pitfield R., Schlecht S. H., Deter C., Guatelli-Steinberg D. (2016). Biorhythms, deciduous enamel thickness, and primary bone growth: a test of the Havers-Halberg Oscillation hypothesis. *Journal of Anatomy*, 228.
- Mahoney P., Miskiewicz J., Chapple S., Le Luyer M., Schlecht S., Stewart T., Griffiths R., Deter C., Guatelli-Steinberg D. (2018). The biorhythm of human skeletal growth. *Journal of Anatomy*, 232.

- Mashkour M., Tengberg M., Shirazi Z., Madjidzadeh Y. (2013). Bio-archaeological studies at Konar Sandal, Halil Rud basin, southeastern Iran. *Journal of Environmental Archaeology*, 18(3).
- Muscarella O. W. (2001). Jiroft and "Jiroft-Aratta" A Review Article of Yousef Madjidzadeh, "Jiroft: The Earliest Oriental Civilization". *Bulletin of the Asia Institute* 15.
- Nava A., Bondioli L., Coppa A., Dean C., Rossi P.F., Zanolli C. (2017). New regression formula to estimate the prenatal crown formation time of human deciduous central incisors derived from a Roman Imperial sample (Velia, Salerno, Italy, I-II cent. CE). *PLoS ONE* 12(7)
- Nava A., Frayer D. W., 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, 2nd to 4th century CE, Italy). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23.
- Nava A., Lugli F., Romandini M., Badino F., Evans D., Helbling A. H., Oxilia G., Arrighi S., Bortolini E., Delpiano D., Duches R., Figus C., Livraghi A., Marciani G., Silvestrini S., Cipriani A., Giovanardi T., Pini R., Tuniz C., Bernardini F., Dori I., Coppa A., Cristiani E., Dean C., Bondioli L., Peresani M., Müller W., Benazzi S. (2020). Early life of Neanderthals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117 (46).
- Perrot, J., Madjidzadeh Y. (2005). L'Iconographie des vases et objets en chlorite de Jiroft, Iran. *Paléorient* 31, 2, pp. 123-157
- Piran S., Madjidzadeh Y. (2013). *Objects from the Jiroft Treasury, Soft Stone and Alabaster Objects (Recovered Collection) from the Halil River Basin*. Tehran: National Museum of Iran.
- Pittman H. (1990). Steatite or Chlorite Handled Weight. In D. von Bothmer (1990) *Glories of the Past: Ancient Art from the Shelby White and Leon Levy Collection*, pp. 41-43. New York: Metropolitan Museum of Art
- Pittman H. (2012). Glyptic Art of Konar Sandal South, Observations on the Relative and Absolute Chronology in the Third Millennium BCE. In: Fahimi, H. and Alizadeh K., eds. *NĀMVARNĀMEH: Papers in Honour of Massoud Azarnoush*. Tehran: Iran Negar.
- Pittman H. (2013). New Evidence for Interaction between the Iranian Plateau and the Indus Valley: Seals and Sealings from Konar Sandal South. In: Abraham, S. and others, eds. *Connections and Complexity. New Approaches to the Archaeology of South Asia*. Walnut Creek: Routledge.
- Richards M. P. (2015). Stable Isotope Analysis of Bone and Teeth as a Means for Reconstructing Past Human Diets in Greece. *Hesperia Supplements*, 49.
- Sarkar A., Mukherjee A.D., Bera M.K., Das B., Juyal N., Morthekai P., Deshpande R.D., Shinde V.S., Rao L.S. (2016). Oxygen isotope in archaeological bioapatites from India: implications to climate change and decline of Bronze Age Harappan civilization. *Scientific Reports* 6 (26555).
- Schour I. (1936). Neonatal line in enamel and dentin of human deciduous teeth and first permanent molar. *Journal of American Dental Association*, 23.

- Schroeder H. E. (1991). *Oral structure biology: embryology, structure and function of normal hard and soft tissues of the oral cavity and temporomandibular joint*. Thieme Publishing Group, New York.
- Shirazi R., 2019. Archaeobotanical Evidence from the Neolithic Site of Tepe Gavkoshi: Esfandagheh plain. Poster presentato alla 18th Conference of the International Workgroup for Paleothnobotany, Lecce.
- Skinner M., Goodman A. H. (1992). Anthropological uses of developmental defects of enamel. In: *Skeletal Biology of Past People: research methods*, New York. Smith B. H., Garn S. M. (1987). Polymorphisms in eruption sequence of permanent teeth in American children. *American Journal of Physical Anthropology*, 74.
- Soleimani N. A., Shafie M, Eskandari N., Salehi H. M. (2016). Khaje Askar: a 4th Millennium BC Cemetery in Bam, Southeastern Iran. *Iranica Antiqua* 51.
- Stauder W. (1957). *Die Harfen und Leiern der Sumerer*, Frankfurt a.M., Bildstelle der J.W. Goethe-Universität.
- Steinkeller P. (1982). The Question of Marḥaši: A Contribution to the Historical Geography of Iran in the Third Millennium B.C. *Zeitschrift für Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie*, 72(2).
- Steinkeller P. (2012). New Light on Marḥaši and Its Contacts with Makkan and Babylonia. *Aux marges de l'archéologie. Hommage à Serge Cleuziou* 16.
- Steinkeller P. (2014). Marhashi and Beyond: The Jiroft Civilization in a Historical Perspective. In: Lamberg-Karlovsky C.C., Genito B. and Cerasetti B., eds. *"My Life is like the Summer Rose", Maurozio Tosi e l'Archeologia come modo di vivere: Papers in honour of Maurizio Tosi for his 70th birthday*. Oxford: British Archaeological Reports Oxford Ltd.
- Stewart N. A., Gerlach R. F., Gowland R. L., Gron K. J., Montgomery J. (2017). Sex determination of human remains from peptides in tooth enamel. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(52).
- Talmi E., Sarnat B. G., Eli I. (1986). The effect of the birth process on the width of the neonatal line (abstract). *Journal of Dental Research*, 65.
- Thomas S. (2013). Jiroft. *Trafficking Culture Encyclopedia*.
- Vidale M. (2020). *Jiroft. La civiltà che non c'era*. Roma: Scienze e Lettere.
- Vidale M., Desset F. (2013). Mahtoutabad I (Konar Sandal South, Jiroft): preliminary evidence of occupation of a Halil Rud site in the early fourth millennium BC. In: Petrie C. A., ed. *Ancient Iran and its neighbours local developments and long-range interactions in the fourth millennium BC*. Oxford: Oxbow Books Ltd.
- Vidale M., Eskandari N., Shafiee M., Caldana I., Desset F. (2021) Animal Scavenging as Social Metaphor: A Carved Chlorite Vessel of the Halil Rud Civilization, Kerman, Iran, Mid Third Millennium BC. *Cambridge Archaeological Journal* 31:4, 705–722

- Vidale M., Frenez D. (2015). Indus Components in the Iconography of a White Marble Cylinder Seal from Konar Sandal South (Kerman, Iran). *South Asian Studies* 28(2). 144-154
- Vidale M., Salemi G., Faresin E. (2020). 3D Digital Modelling of a Jiroft Carved Chlorite Pot. An Experiment of Archaeological Visualizing. *East and West* 61 (2), 89-100.
- Weiss H., Courty M., Wetterstrom W., Guichard F., Senior L., Meadow R., Curnow A. (1993). The genesis and collapse of third millennium north Mesopotamian civilization. *Science* 261.
- White T. D., Folkens P. A. (2005). *The Human Bone Manual*. San Diego: Academic Press.
- Wright L. E. (1990). Stresses of conquest: a study of Wilson bands and enamel hypoplasias in the Maya of Lamanai, Belize. *American Journal of Human Biology*, 2.
- Wright R. P. (2016). Konar Sandal South, Nindowari, and Lakhan Jo Dara - Beyond the Limits of a Known World. In: Widorn V., Franke U., Latschenberger P., eds. *Contextualizing Material Culture in South and Central Asia in Pre-Modern Times*. Papers from the 20th Conference of the European Association for South Asian Archaeology and Art held in Vienna from 4th to 9th July 2010.

SITOGRAFIA

Accademia Nazionale dei Lincei (2021). Massimo Vidale Jiroft. La civiltà che non c'era. Disponibile a:
https://www.youtube.com/watch?v=Q8YFQu4_zBU

Dyson R.H., Voigt M.M. (1990). Bronze Age. *Encyclopedia Iranica*,
<http://www.iranicaonline.org/articles/bronze-age> (consultato il 23 Giugno 2022).

APPENDICE A

TAVOLE

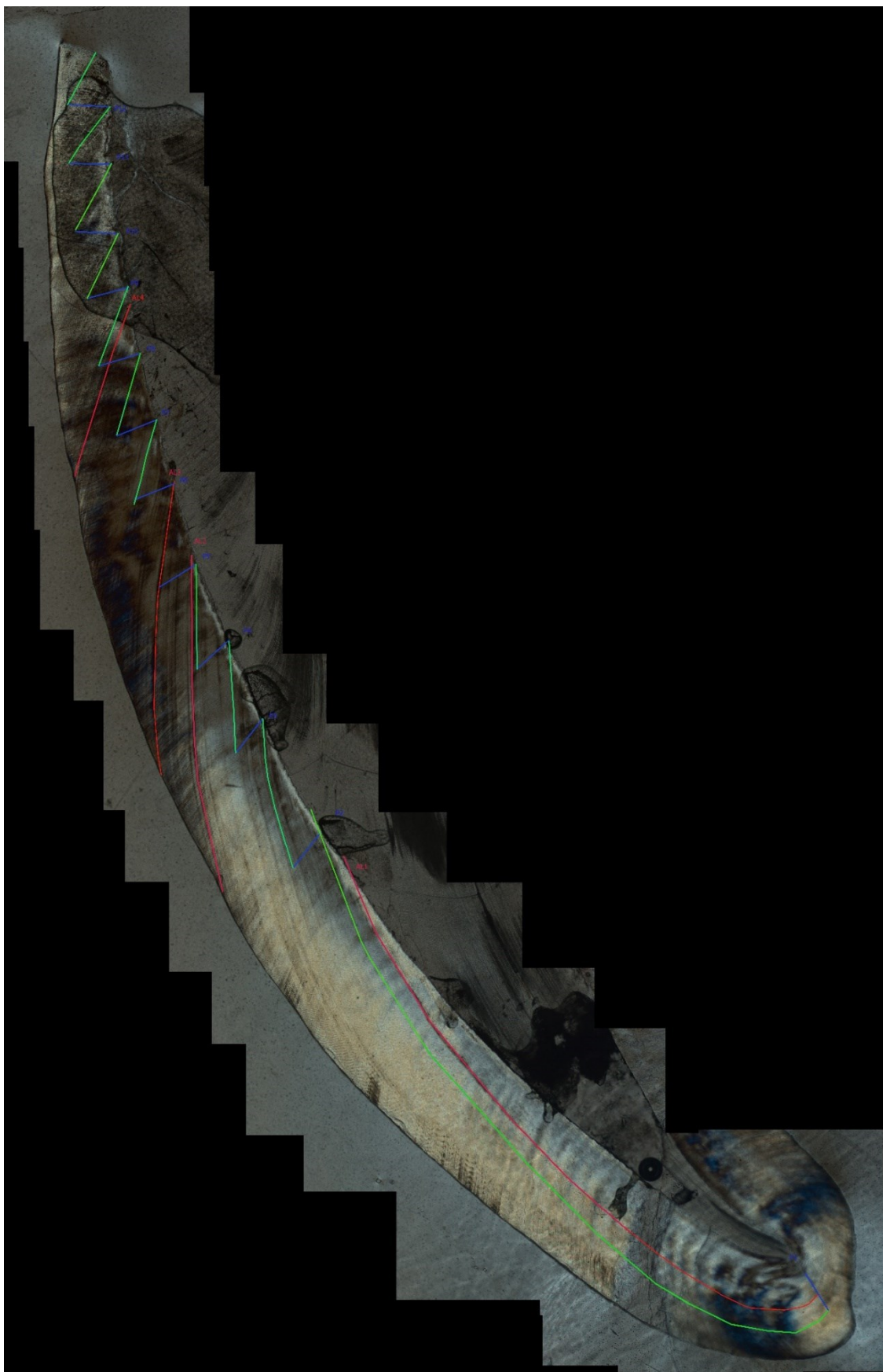


Tavola 1. Analisi istomorfometrica dell'incisivo centrale superiore sinistro (KS1). In blu i prismi, in verde le strie di Retzius, in rosso le Linee Accentuate. Fotomosaico realizzato con un ingrandimento di 100x, rielaborato con Adobe Photoshop.

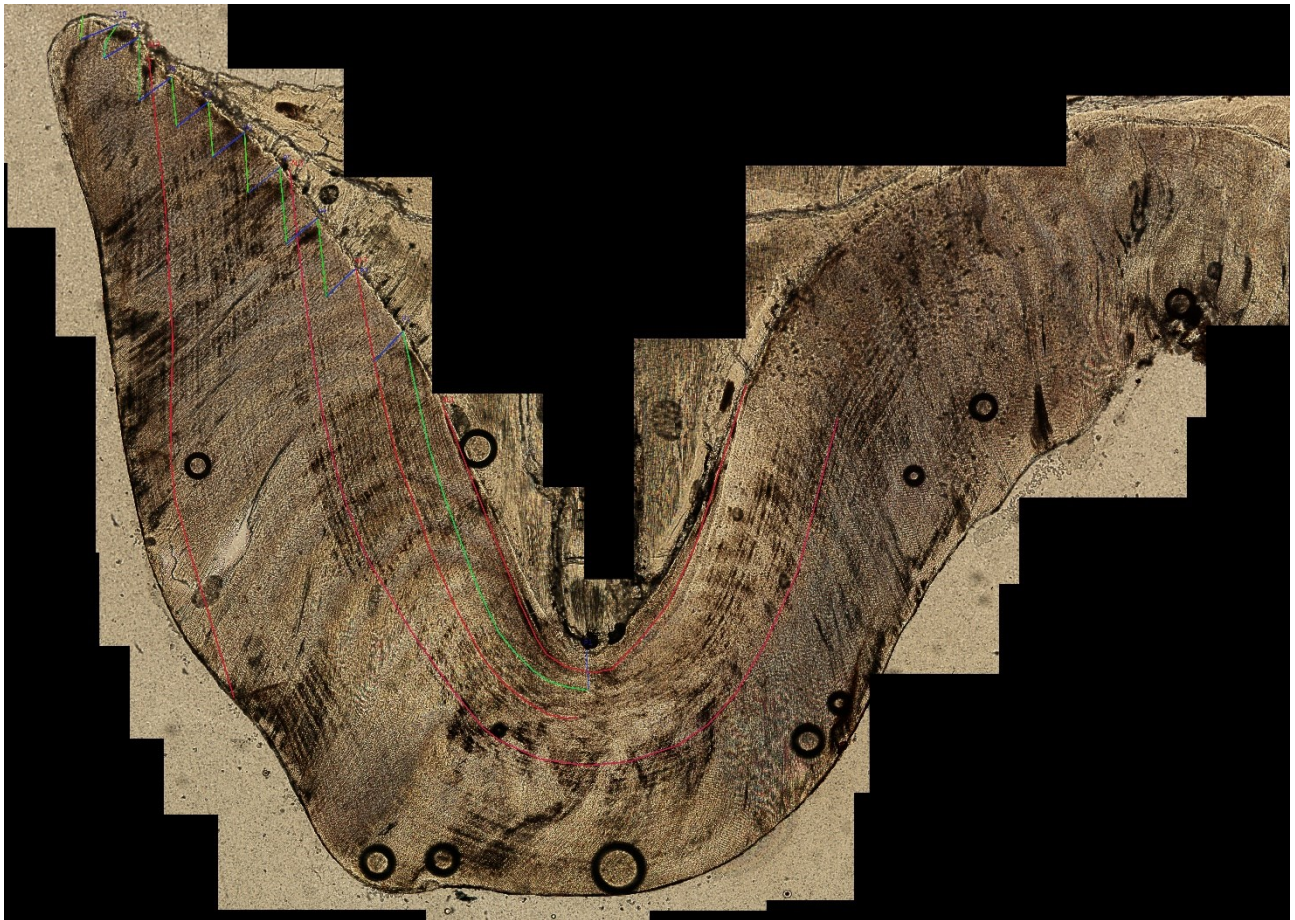


Tavola 2. Analisi istomorfometrica del secondo molare superiore destro (KS3). In blu i prismi, in verde le strie di Retzius, in rosso le Linee Accentuate. Fotomosaico realizzato con un ingrandimento di 100x, rielaborato con Adobe Photoshop.



Tavola 3. Analisi istomorfometrica del terzo premolare superiore destro (KS4). In blu i prismi, in verde le strie di Retzius, in rosso le Linee Accentuate. Fotomosaico realizzato con un ingrandimento di 100x, rielaborato con Adobe Photoshop.

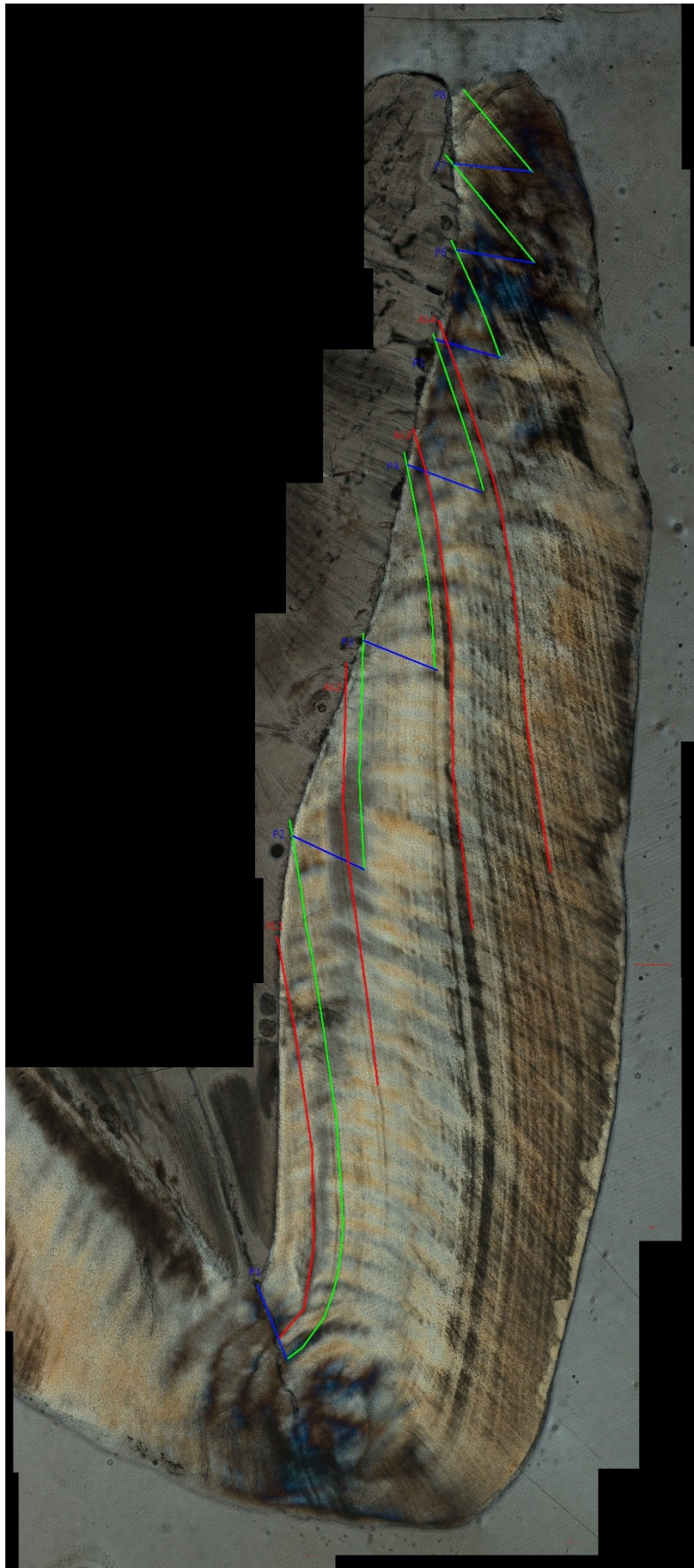


Tavola 4. Analisi istomorfometrica del quarto premolare superiore di destra (KS5). In blu i prismi, in verde le strie di Retzius, in rosso le Linee Accentuate. Fotomosaico realizzato con un ingrandimento di 100x, rielaborato con Adobe Photoshop.

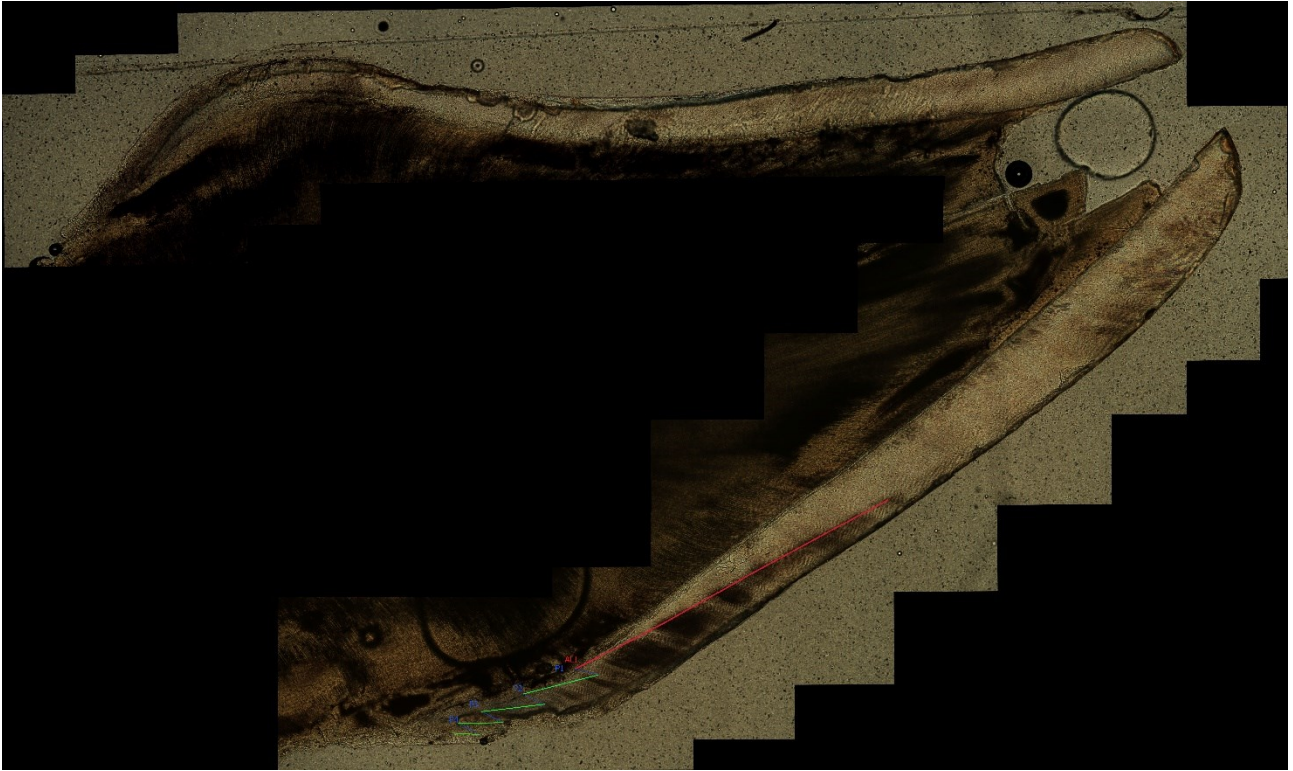


Tavola 5. Analisi istomorfometrica dell'incisivo centrale inferiore destro deciduo (KS6). In blu i prismi, in verde le strie di Retzius, in rosso le Linee Accentuate. Fotomosaico realizzato con un ingrandimento di 100x, rielaborato con Adobe Photoshop.

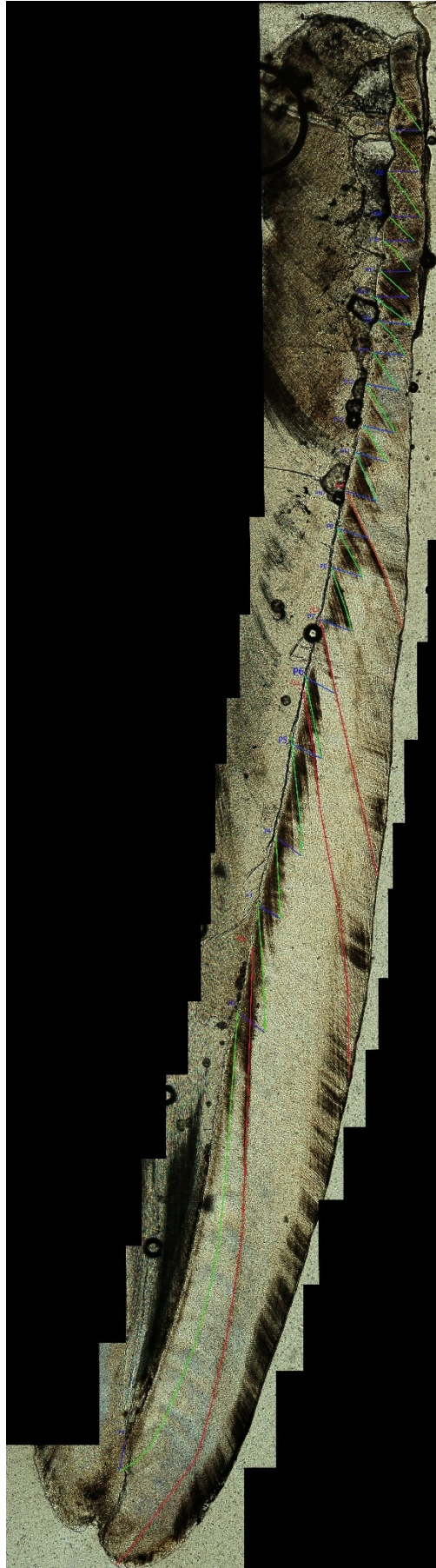


Tavola 6. Analisi istomorfometrica dell'incisivo laterale inferiore sinistro (KS7). In blu i prismi, in verde le strie di Retzius, in rosso le Linee Accentuate. Fotomosaico realizzato con un ingrandimento di 100x, rielaborato con Adobe Photoshop.

Ringraziamenti

Ringrazio il professor Massimo Vidale che mi ha concesso la possibilità di scrivere questa tesi e mi ha gentilmente permesso di lavorare sul prezioso materiale che gli era stato affidato. Grazie per la fiducia e per il costante incoraggiamento.

Ringrazio il dottor Luca Bondioli per il vivace sostegno, per la disponibilità e per il rigore che mi ha trasmesso per la stesura di elaborati scientifici.

Per averci concesso la possibilità di utilizzare il suo microscopio elettronico ai fini delle analisi di questo elaborato, ringrazio la professoressa Lara Maritan.

Per averci permesso di tormentarlo durante le sue intense giornate lavorative e per aver messo a nostra disposizione il laboratorio delle sezioni sottili del dipartimento di geoscienze, ringrazio Leonardo Tauro. Grazie per le chiacchiere, le curiosità imparate e il tempo che ci hai gentilmente dedicato.

Ringrazio la dottoressa Beatrice Peripoli (il titolo giusto perché lei stessa non si dimentichi dei suoi traguardi) per aver portato a termine il difficile ruolo di dovermi correggere, rispondere ai miei dubbi e guidarmi in questo percorso. Grazie per la pazienza e per il prezioso dono della tua amicizia. Ti devo qualche serata-pizza come ulteriore ringraziamento.

Ringrazio Michael De Lotto per aver partecipato alle attività nel laboratorio di geoscienze, sostenendoci con il suo ingegno e le sue capacità manuali. È sempre un piacere sentire opinioni contrastanti dalla mia. Grazie per la compagnia che sei sempre disponibile a concedere, per tutti i caffè offerti nonché per l'ospitalità nel tuo ufficio d'altri tempi.

Ringrazio Stefano Perdesoli per avermi aiutato a combinare qualcosa con programmi in cui non avrei nemmeno saputo da dove iniziare. Ti ringrazio anche per tutti i pranzi gentilmente preparati. Ti avevano descritto come una persona burbera, ma con me non sei stato altro che gentile.

Un ringraziamento anche a tutti i miei amici. Grazie per il sostegno, la pazienza con cui sopportate le mie chiacchiere infinite (come mi ricordate sempre) ma soprattutto grazie per essere miei amici, grazie per la vostra amicizia. Grazie, grazie, grazie. Vi voglio un mondo di bene. Un ringraziamento particolare a Willy, che mi ha offerto un rifugio e mi ha concesso un dono non quantificabile: pace. Come dice Winnie The Pooh: "Un giorno senza un amico è come un vaso in cui non sia rimasta neppure una goccia di miele".

Infine, ringrazio calorosamente la mia famiglia. Mi avete insegnato ad essere ciò che sono e avete sempre sostenuto qualsiasi mio progetto o idea, mi avete insegnato che non c'è nulla di sbagliato ad essere ciò che si è ed è grazie a voi che sono arrivata fin qui. Un immenso grazie e un forte abbraccio che non mancherò di darvi anche di persona.