

# Cremins, what remains

Citation for published version (APA):

Krap, T. (2022). *Cremins, what remains: Heat induced changes of biophysical properties of human bone, introducing new parameters and concepts for forensic anthropological analysis*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Gompel&Svacina. <https://doi.org/10.26481/dis.20220610tk>

## Document status and date:

Published: 01/01/2022

## DOI:

[10.26481/dis.20220610tk](https://doi.org/10.26481/dis.20220610tk)

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Summary

Occasionally the aid of a forensic anthropologist is required during a medicolegal investigation to locate and salvage human skeletal remains and obtain as much information from these remains as possible. This can be challenging, especially when considering the difficulty of a fire scene as context, since human remains can be scattered and mixed with thermally altered construction or furniture debris. Therefore, it is important to know how to find human remains in a post-fire setting and to know how bone changes due to heat exposure in order to properly analyze remains that have undergone heat-induced changes.

The characteristic luminescent properties of human bone after heat exposure were studied. It was found that human bone emits light, after excitation with a short wavelength light source, before and after exposure to temperatures associated with indoor fires. The luminescence generated by the human skeletal remains can aid the search and salvaging by being able to differentiate between bone and debris. This leads to the recommendation to deploy alternate light sources, in forensic fire scene investigations. However, after exposure to some temperatures no luminescence was observed, therefore the forensic anthropologist should always carefully analyze the salvaged debris.

The subsequent analysis of salvaged human remains mainly focuses on the reconstruction of the perimortem events, which involves the reconstruction of the fire scene. From the thermally altered human skeletal material, the exposure temperature can be estimated and used to reconstruct the perimortem events. Traditional archaeological and physical anthropological methodology for temperature estimation of burned remains, involving the usage of burning-stage-based descriptions and reference colour charts, was tested and yielded a low accuracy and low precision. Therefore, human skeletal bone samples were exposed to heat, under varying circumstances, covering the complete temperature and duration range that can be expected during a house fire, to create a sample set for methodological analysis. Colourimetric data were collected, under white light exposure, by means of a calibrated imaging device. With the colourimetric data a cluster decision model was developed with substantiated variation in precision of associated temperatures amongst the clusters. The decision model was tested and yielded an accuracy in the

range of 80 to 96%, based on different imaging devices, and thus is an improvement over the previously tested method. Further, changes in luminescent characteristics, during and after exposure to light with a specific wavelength (band), were studied and analyzed. Data was collected by means of a scoring index and photographic documentation. The intensity of luminescence and emission spectrum were exposure temperature and duration dependent. The observable change in emission spectrum is considered to be indicative to be used for temperature estimation. Since long-decay phosphorescence was also observed for certain exposure temperatures, the luminescence most likely consists of both fluorescence and phosphorescence.

As part of the reconstruction of the perimortem events, and the fire scene analysis, the question when fragmentation or fracturing of bone has occurred, has to be answered. Fracturing or fragmentation of bone can occur at any time before, during or after the incident. A house fire scene with several human forearms was simulated. The forearms were divided into groups consisting of bones with or without a fracture from blunt force impact, and with or without exposure to heat. The comparison between the categories showed that the colour of the fracture surface and the morphology of the surface were the most discriminating features between fractures already present before or created during or after the fire incident.

The novel findings, and improvements of methodology, presented in this dissertation, strengthen the forensic anthropological analysis and help the discipline move forward and better comply with legal standards, like the *Daubert* criteria.

# Nederlandstalige samenvatting

De geschiedenis kent diverse voorbeelden van grote brandincidenten met meerdere slachtoffers, zoals recent de brandende Grenfelltoren in Londen (Verenigd Koninkrijk). Naast het feit dat mensen komen te overlijden ten gevolge van een onopzettelijke brand, en dat het overlijden van een persoon die zich bezigt met vuur kan leiden tot brand, kan het ook zo zijn dat de brand met opzet is begonnen om iemand te doden. Brand is destructief en wordt daarom ook ingezet door delictplegers om sporen te vernietigen die mogelijk gebruikt hadden kunnen worden als bewijs voor een gepleegd strafbaar feit. Juridische vragen die ontstaan na afloop van de brand dienen te worden beantwoord middels forensisch onderzoek. Echter wordt een dergelijk onderzoek bemoeilijkt door de destructie die veroorzaakt is door de brand.

In het geval van het forensisch medisch en antropologisch onderzoek bij brand is het van belang dat zoveel mogelijk menselijke resten worden geborgen. Brand consumeert de weke delen en, afhankelijk van de omvang van de brand, een combinatie tussen verkoolde weke delen en skeletresten blijft meestal over. De brandcontext bemoeilijkt de berging, zowel het omliggende puin als het stoffelijk rest zijn thermisch aangedaan en vertonen gelijke verkleuringen. Met het blote oog onderscheid maken tussen puin en door brand geskeletteerde menselijke resten is dan ook een uitdaging. Eenmaal gevonden, dienen veiliggestelde skeletresten vervolgens geanalyseerd te worden. Zo kan de blootstellingstemperatuur gebruikt worden voor een schatting van de plausibiliteit voor succesvol DNA-onderzoek en voor het reconstrueren van de branddynamiek in de ruimte waar de resten geborgen zijn. Ook dient onderzocht te worden of mogelijk delictgerelateerde beschadigingen van het bot aanwezig zijn. Voor de uit te voeren onderzoeken dient een wetenschappelijke basis te bestaan. Deze dissertatie heeft als doel een bijdrage te leveren aan de wetenschappelijke basis en nieuwe methoden te introduceren voor de forensische praktijk.

Bij het bergen van skeletresten in een lastige context kan het helpen om een methode in te zetten waarmee makkelijker onderscheid gemaakt kan worden tussen het puin en het bot. Er wordt dan gebruik gemaakt van materiaal specifieke eigenschappen. Ondanks dat de kleur van het materiaal bij wit licht (bijvoorbeeld daglicht) nagenoeg gelijk is voor het blote oog, kan het zo zijn dat andere

eigenschappen wel contrast kunnen opleveren, zoals de eigenschap om licht uit te zenden (luminesceren) bij aanstralen met licht dat een specifieke bandbreedte heeft. Bot heeft luminescente eigenschappen. Tot nog toe was het echter onduidelijk of thermisch aangedaan bot deze eigenschappen ook zou hebben. Uit onderzoek gepresenteerd in deze dissertatie blijkt dat bot ook na thermische inwerking in de meeste gevallen licht uitstraalt, echter werd er geen luminescentie waargenomen bij volledige verkoling. Er wordt dan ook verwacht dat het gebruik van deze methode wel een hoger rendement van geborgen materiaal zal opleveren, maar dat in geval van verkoling vooralsnog zeer minutieus moet worden gezocht.

Het geborgen skeletrest dient te worden onderzocht. Eén van de aspecten die onderzocht kan worden is de blootstellingstemperatuur. Bot verandert van kleur ten gevolge van de verbranding van, voornamelijk, het bindweefsel in de botmatrix en daaropvolgend het wegbranden van de koolresten. Door archeologische studies zijn beschrijvingen en kleurreferentietabellen beschikbaar, echter blijkt uit de in deze dissertatie gepresenteerde resultaten van een vragenlijst die voorgelegd is aan fysisch en forensisch antropologen dat het gebruik van deze subjectieve methodiek voor forensisch materiaal niet valide is. Er was dus noodzaak voor het ontwikkelen van een objectieve methode voor het schatten van de blootstellingstemperatuur. Middels het meten van de kleur van 1138 aan hitte blootgestelde botdelen is een methode ontwikkeld waarmee op basis van een kleurmeting een blootstellingstemperatuurrange kan worden geschat. De ontwikkelde methode had een gemiddelde nauwkeurigheid van 94% en is gevalideerd voor zowel een scanner als een spiegelreflexcamera, van belang is dat de apparatuur gekalibreerd is voor de lichtomstandigheid. Naast de kleurmeetmethode is ook gebleken dat de luminescentie van bot bruikbaar is ter onderbouwing van de schatting van de blootstellingstemperatuur.

De intensiteit en dynamiek van de brand kunnen eveneens fracturen veroorzaken. Het waarnemen van fracturen roept de vraag op of de fracturen voor en/of door de brand zijn ontstaan. Om deze vraag te beantwoorden is een experiment opgezet in een oefenbrandhuis van de brandweer. Tijdens de binnenbrand in het oefenbrandhuis zijn twintig menselijke onderarmen blootgesteld aan de branddynamiek. De twintig onderarmen waren verdeeld over twee groepen. Eén groep bevatte botten waarbij voorafgaande aan de brand al fracturen aanwezig waren (bestaande uit tien onderarmen), deze fracturen waren gecreëerd door een mechanische krachtinwerking veroorzaakt door een hiervoor ontwikkeld slingerapparaat. De tweede groep bevatte botten zonder fracturen voorafgaande aan de brand (eveneens tien onderarmen). Een derde groep (tevens tien onderarmen) bevatte botten met fracturen, gemaakt met het slingerapparaat, die niet blootgesteld werden aan de brand en

diende als referentie. De kenmerken van de fractures zijn onderzocht en zowel de morfologie als de verkleuring van het oppervlakte van het fractuurvlak en de rand van het fractuurvlak bleken van belang bij het maken van het onderscheid tussen botten die voorafgaande aan de brand waren gebroken en botten die door de brand waren gebroken. De overige onderzochte kenmerken waren niet onderscheidend.

Geconcludeerd kan worden dat de onderzoeken gepresenteerd in deze dissertatie een bijdrage leveren aan de wetenschappelijke basis en dat het arsenaal aan methoden die de forensisch antropoloog kan toepassen is uitgebreid. Naast het feit dat het vakgebied forensische antropologie vooruitgang heeft geboekt, worden de resultaten en de methode inzake de luminescentie van thermisch veranderd bot reeds in andere vakgebieden toegepast. Naar aanleiding van de bevindingen in dit proefschrift zijn er eveneens nieuwe onderzoeksvragen ontstaan. Zo is er nog veel onduidelijk over de relatie tussen thermische destructie en de kleur van het door bot uitgestraalde licht na aanstralen, en is er nog veel te onderzoeken aan de door hitte veroorzaakte fractures in vergelijking met fractures die zijn veroorzaakt door mechanische krachtsinwerking. Moge dit een begin zijn van een verdere academische uitbreiding van het vakgebied forensische antropologie, waardoor forensische antropologie mogelijk meer kan betekenen voor het forensisch (medisch) onderzoek in Nederland.