



POLITECNICO DI TORINO
Dipartimento di Architettura e Design
Tesi di Laurea in Design e Comunicazione Visiva
A.A. 2020-2021

La tesi, a carattere progettuale, esplora il campo delle fonti di calore, alternative alla fiamma, per un uso escursionistico sostenibile in diversi contesti ambientali. Quattro sono le fonti energetiche indagate, di cui alcune poco conosciute al di fuori di impieghi industriali, sia a livello di reazione chimica per una produzione di calore efficace per alcuni utilizzi ipotizzati (termo indumenti, riscaldamento piccoli spazi, cottura alimenti) sia di compatibilità, in termini di peso e volume, con l'equipaggiamento individuale: sodio acetato supersaturo, calce viva, zeolite, ossidazione di metalli.

Due in particolare, zeolite e calce viva, sono state oggetto di sperimentazione diretta al fine di misurarne efficacia, efficienza e impatto ambientale per l'ambito di ricerca privilegiato: la cottura di alimenti.

Nello specifico, dai buoni risultati dei test eseguiti con la calce viva è nato il design di HOTPOT, un'unità minima per il riscaldamento o la cottura di cibi sottovuoto in forma liquida, semisolida e solida, caratterizzato dall'impiego di materiali a basso impatto ambientale e di efficaci soluzioni per la compattazione e la movimentazione.

Claudio Germak

Calore portatile

Unità minime per la produzione istantanea di calore

Relatore: Prof. Claudio Germak
Candidati: Stefano Luigi Morbiolo
Davide Sito



Indice

1 Introduzione	4
1.1 Introduzione	6
2 Calore portatile	8
2.1 L'escursione	10
2.1.1 Le condizioni dell'escursione	10
2.1.2 I bisogni primari dell'escursionista	12
2.2 Calore durante l'escursione	13
2.2.1 Scaldarsi con il calore corporeo	13
2.2.2 Fonti di calore a fiamma viva	16
2.2.3 Fonti di calore senza fiamma	19
3 Chimica e calore	30
3.1 I sistemi chimici di stoccaggio di calore	32
3.1.1 Accelerare l'ossidazione dei metalli	32
3.1.2 Il "ghiaccio caldo"	34
3.1.3 La zeolite	36
3.1.4 La calce viva	44
4 Quale alternativa scegliere	50
4.1 Comparare le alternative	52
4.1.1 Le voci di comparazione	52
4.1.2 Esito del benchmarking	58
4.1.3 Definire un'applicazione	60

5 Concept design	64
5.1 Dallo scenario al concept	66
5.1.1 Tipologie di utenza	66
5.1.2 Mangiare durante l'escursione	68
5.1.3 Linee guida di progetto	71
5.2 Sistema esigenziale	73
5.2.1 Sicurezza e benessere	73
5.2.2 Uso e interazione	76
5.2.3 Produzione	78
5.2.4 Ambiente	78
5.2.5 Gestione	79
5.2.6 Espressività	80
5.3 Il concept HotPot	82
5.3.1 Il sistema energetico	82
5.3.2 I materiali	88
5.3.3 La forma e l'espressività	94
5.3.4 Gli accessori	100
5.3.5 Comunicazione e cromie	102
6 Bibliografia e sitografia	122

1

Introduzione



1.1 Introduzione

La tesi progettuale nasce da un'ampia ricerca sul tema dell'energia e delle sue forme. Interessati a scoprire nuovi modi per ottenerla, ci si è chiesti quali fossero i metodi di produzione alternativi a quelli noti, mossi inizialmente da pura curiosità.

Da questo studio sono emerse nuove frontiere dello sviluppo sostenibile, come il campo del Human Energy Harvesting, che punta a trarre energia dal moto dell'uomo, il biofotovoltaiico, una tecnologia che genera elettricità recuperando gli elettroni di scarto della fotosintesi clorofilliana, i sistemi per lo sfruttamento del suono e del rumore cittadino come fonte di energia elettrica e altri ancora.

Tra tutte queste ipotesi di studio, la più interessante e stimolante dal punto di vista progettuale è quella dello stoccaggio chimico di calore. Infatti, esistono alcuni composti chimici che permettono di sviluppare energia termica sotto determinate condizioni, non troppo complicate da riprodurre, in certi casi, anche a casa. L'importanza di queste soluzioni è facile da comprendere: calore portatile, sempre e ovunque.

Una proposta ambiziosa, che ci ha colpito sin da subito, soprattutto grazie alla scoperta della zeolite.

La zeolite non è altro che un minerale estremamente poroso, in grado di assorbire altri composti. Una particolare tipologia di essa, la 3A, a contatto con l'acqua genera grandi quantità di calore. Il processo, reversibile esponendo la pietra ad alte temperature, produce energia termica senza

combustione. Da qui, lo studio si è mosso nel cercare di capire quale fosse la chimica dietro a questo processo, interpellando anche esperti del settore, così da comprendere meglio le sue caratteristiche ed eventualmente utilizzarla in un'applicazione progettuale.

Una volta reperito un campione di zeolite ed eseguito varie sperimentazioni, si è reso necessario cercare altri materiali, con proprietà simili, per eseguire delle comparazioni. La calce viva, un materiale noto sin da tempi antichissimi, produce un'ingente reazione esotermica se bagnata, trasformandosi in calce spenta, il legante per il laterizio utilizzato nel settore delle costruzioni. Il sodio acetato super saturo è un composto facilmente riproducibile in casa, alla base degli scaldamani in commercio. Esso, dopo aver subito una deformazione, passa dallo stato liquido al solido, liberando calore nel processo. Altra energia può essere generata sfruttando l'ossidazione dei metalli, un processo che produce una combustione, ma che in natura risulta molto lento. Aggiungendo del sale e del carbone attivo a un metallo in fase di ossidazione, il processo viene notevolmente accelerato e la quantità di calore prodotta aumenta esponenzialmente.

Trovati altri materiali si è ragionato su nuove applicazioni. L'ambito di studio, l'escursione invernale, ci è sembrata la migliore alternativa come applicazione del "calore portatile". Passando per diversi casi studio di prodotti che, tuttora, aiutano a migliorare l'esperienza dell'escursione, si è cercato di capire come migliorarli per

renderli più adatti alle esigenze del viandante. In particolare, gli esperimenti con la calce viva, molto promettenti hanno portato alla definizione del design di HOTPOT, un'unità minima per il riscaldamento o la cottura di cibi sottovuoto in forma liquida, semi-solida e solida, caratterizzato dall'impiego di materiali a basso impatto ambientale e di un design compatto per diminuire pesi e volumi all'interno dello zaino.

2

**Calore
portatile**



2.1 L'escursione

Secondo il CAI, il Club Alpino Italiano, escursionismo significa camminare lentamente per osservare, godersi e conoscere meglio la natura e la cultura del territorio.

L'escursione è una attività sportiva, ma anche un modo per isolarsi dalla città e dal rumore, vivere un viaggio caratterizzato da panorami naturali, percorrendo strade impossibili per mezzi di

trasporto convenzionali (sentieri, alte vie, mulattiere, ippovie ecc). Sebbene molto spesso si associ questa tipologia di attività fisica alla montagna, un'escursione può definirsi tale in qualunque altro contesto naturale, dalla collina al lago, dal mare alla pianura. Non è quindi il luogo a caratterizzare un'escursione, bensì il modo di visitarlo.¹

2.1.1 Le condizioni dell'escursione

Allontanarsi dalla città per rifugiarsi nella natura è un modo efficace per fuggire dallo stress quotidiano, ma significa anche abbandonare tutte le comodità a cui siamo abituati. La bellezza della natura mal si concilia con il comfort della città, anzi, in alcuni casi, ci si può ritrovare in luoghi talmente inospitali da mettere a rischio la nostra stessa vita. Durante un'escursione, si deve far fronte a determinate condizioni, comuni a ogni viaggio nella natura e poiché, per buona parte dell'avventura si cammina, tutto il necessario per affrontarla va portato con sé, seguendo rigide logiche salva spazio.

In primo luogo, bisogna considerare la limitazione delle risorse utili alla sopravvivenza. L'acqua è un bene essenziale, non solo per il proprio sostentamento, ma anche per svolgere altre funzioni come cucinare e lavare. A causa dell'incertezza iniziale di trovare o meno delle fonti di acqua potabile lungo il tragito, bisogna sempre

farne scorta, considerando che non sarà mai abbastanza.

Anche il cibo è un'altra risorsa limitata. Visto che non è sempre possibile trovare lungo il percorso delle strutture attrezzate per la ristorazione, è necessario portarsi dietro i propri alimenti, considerando le difficoltà nel cucinarli e lo scarso mantenimento dei cibi freschi. Inoltre il peso, come l'ingombro ne limiteranno la quantità trasportabile.²

Chiaramente, al contrario della città, in natura non esistono fonti di calore. Azioni basilari come cucinare risultano molto difficili. Allo stesso modo, anche scaldarsi può rivelarsi un'impresa. Sebbene esistano diverse tecniche per mantenere il calore del proprio corpo, i rischi legati alle temperature rigide della notte, che in alcuni luoghi, come la montagna, risultano problematiche anche in estate, sono molti, e vanno dall'ipo-

termia al congelamento.

Com'è logico, la mancanza di elettricità renderà difficile l'utilizzo di dispositivi come smartphone e GPS. Il modo migliore per orientarsi risulta, quindi, quello di affidarsi a bussole e cartografie.

Infine, grande attenzione va data al meteo, che in alcuni luoghi cambia repentinamente. Bisogna essere sempre preparati alle variazioni, che improvvisamente possono portare vento, pioggia, neve e temperature molto rigide, attrezzandosi adeguatamente con giacche a vento, abbigliamento caldo e impermeabile.³



Organizzazione del pasto per l'escursione



Un escursionista sorpreso dal maltempo durante una gita

2.1.2 I bisogni primari dell'escursionista

Dalle condizioni in cui l'escursione pone l'avventuriero emergono i bisogni primari che vanno soddisfatti, per evitare che un viaggio nella natura si trasformi in una pericolosa disavventura. Mantenere una corretta idratazione risulta fondamentale per la sopravvivenza, dunque è necessario prevedere con precisione la giusta quantità di acqua da portare con sé.

Per avere sufficienti energie, bisogna perseguire un'alimentazione adeguata, che sia il più possibile bilanciata. Grande importanza va data alla cena, che dev'essere sostanziosa così da poter

recuperare le forze per il giorno successivo, ma anche per dormire bene.

Le temperature rigide possono essere fatali, quindi scaldarsi è una necessità basilare per la sopravvivenza. Esistono molti modi per farlo e mangiare cibi caldi soprattutto al mattino e alla sera, è uno di questi. Tuttavia, sebbene il calore migliori l'umore, non è sempre facile ottenerlo. Infine, è di fondamentale importanza il riposo. Dormire al riparo dagli agenti atmosferici e dai pericoli della natura è la base per affrontare un viaggio in modo sicuro.⁴



Un esempio di escursione in pianura

Per quanto riguarda le prime due necessità, un intervento da parte del design risulta complicato se non inutile. Sul tema del riposo invece si ritiene che siano molte le soluzioni tecnologiche che permettono di dormire al sicuro. Dunque la nostra ricerca si è concentrata sui metodi e le applicazioni per ottenere calore durante le escursioni. Una necessità ancora poco affrontata, se non attraverso applicazioni che mal si conciliano con l'ideologia del salva spazio, tipica della filosofia dell'escursionista.



Un esempio di trekking di costa

2.2 Calore durante l'escursione

Il calore durante un'escursione può avere diverse funzioni. Esistono degli ambiti per cui risulta utile avere a disposizione una fonte di calore durante un'escursione, ovvero:

Per emergenza. Durante un'escursione le temperature molto rigide mettono a rischio la sopravvivenza dell'organismo umano. Il rischio d'ipotermia è molto alto e va scongiurato prendendo gli opportuni accorgimenti.

Per accompagnamento. Durante la notte le temperature scendono e molto spesso l'unico calore a disposizione è quello corporeo.

Per cucinare. Il cibo è da sempre un'occasione di convivialità. Mangiare cibo caldo migliora l'umore, ma non è sempre facile cucinare in montagna.

2.2.1 Scaldarsi con il calore corporeo

Il nostro corpo è un radiatore di calore naturale e costante. Sfruttare questa fonte inesauribile di energia termica risulta molto efficiente durante un'escursione. Il compito dell'escursionista è quindi quello di accertarsi della minor disper-

sione possibile di calore. In suo aiuto vengono diversi device che utilizzano tecnologie sempre più all'avanguardia proprio per permettere all'utente un isolamento del proprio corpo dall'ambiente che lo circonda.

Il sacco a pelo e l'umidità

Il sacco a pelo è uno strumento indubbiamente indispensabile per superare la notte quando si dorme in un ambiente dal clima rigido. Di grande importanza sono i materiali di cui è composto. Non tutti i sacchi a pelo infatti vanno bene per determinate esperienze. L'accumulo di umidità, e quindi di acqua, tra gli strati interni del device è uno dei problemi più importanti da considerare. La respirazione produce quantità di condensa importanti (circa mezzo litro di acqua

a notte), la quale si infiltra tra gli strati interni del sacco a pelo. Durante la prima notte, questo non produce problemi, ma può causarne di gravi in quelle successive. Di giorno, infatti, a causa delle temperature rigide, la condensa che si è formata potrebbe ghiacciare inficiando le caratteristiche d'isolamento del sacco a pelo, che, a sua volta, si trasforma in una trappola di ghiaccio, provocando il congelamento.⁵



Un esempio di un'escursionista che si sveglia nel suo sacco a pelo

Il materassino

Talvolta dormire a terra con un buon sacco a pelo non basta. Il terreno, infatti, è il nemico più grande per quanto riguarda la dispersione del calore corporeo. Per questo motivo, molti escursionisti optano per l'aiuto dei materassini isolanti. Ormai ne esistono di molti generi ma i principali sono tre: a schiuma, auto gonfianti, e gonfiabili.

Ogni materassino si contraddistingue per un valore, noto come R, che definisce la capacità di trattenere il calore. Più alto è il valore R, minore sarà il calore disperso una volta a contatto con il terreno. Un metodo molto utilizzato è quello d'impilare due materassini e ottenere un isolamento più efficiente. Il valore più indicato di solito è di $R=5$ o superiore.



Un assortimento di materassini diversi per forme, colori materiali e dimensioni

la tenda

La tenda è un altro dei device fondamentali per l'escursionismo, utile sia di giorno che di notte, poiché permette d'isolarsi dagli agenti atmosferici come neve, pioggia e vento.

Di fondamentale importanza, oltre alle dimensioni e al peso, è la buona aerazione della tenda. Questa caratteristica ha lo scopo di limitare il più possibile la formazione della condensa interna, che come è già stato definito, può aumentare drasticamente la sensazione di freddo.

Un ulteriore problema legato alla tenda deriva del contatto con le pareti. Stare troppo vicino ai lati potrebbe abbassare la temperatura del corpo, soprattutto in nottate umide o particolarmente rigide. Per evitare la dispersione, risulta efficace dormire al centro della tenda oppure accatastare indumenti, o altri oggetti come lo zaino, alle pareti per evitarne il contatto diretto.⁷



Anche una notte in tenda al mare può essere considerata un'escursione

Movimento del corpo

Per sfruttare al meglio il calore del proprio corpo, prima di dormire, durante una notte fredda, è utile fare alcuni esercizi fisici per scaldare la tenda in cui ci si trova.

L'esercizio più efficace è quello del sit-up. Consiste nel passare da una posizione supina a una seduta alzando solo il busto. Questo esercizio attiverà tutti i muscoli dell'addome convogliando il sangue in quel punto e mantenendo al caldo gli organi vitali.



Un'escursionista ad alta quota nel sacco a pelo

Alimentazione

Per produrre più calore è necessario più combustibile e per l'uomo quest'ultimo è il cibo. Un pasto molto calorico è l'ideale per mantenere il metabolismo più attivo durante la notte e di conseguenza generare maggior calore. Alimenti ricchi di proteine e grassi sono molto consigliati perché aumentano la durata del processo di digestione favorendo quindi la produzione di calore per un tempo maggiore.⁸



Barrette energetiche al gusto di frutti bosco

2.2.2 Fonti di calore a fiamma viva

I processi di combustione permettono lo sviluppo di grandi quantità di calore in modo efficiente e sono alla base dei fornelli da campeggio. Oggi, giorno, molti escursionisti utilizzano questi strumenti per cucinare. Tuttavia, questi sistemi presentano diverse criticità. Prima fra tutte, l'utilizzo di una fiamma è sempre pericoloso, sia

per l'utente, che potrebbe riportare delle ustioni, che per l'ambiente, in quanto la possibilità d'incendio è sempre in agguato, e proprio per questo, in contesti come la montagna accendere un fuoco è illegale. Inoltre, la fiamma è soggetta alle condizioni atmosferiche, perciò in situazioni molto ventose

o in presenza di pioggia, potrebbero essere inutili. Infine, questi sistemi sono spesso pesanti e ingombranti, poiché impossibili da compattare,

infatti, per viaggi brevi, della durata di uno o due giorni, si tende a non portarli.⁹

Fornello a gas

L'utilizzo di gas come combustibile è molto comune tra gli escursionisti. Questi fornelli sono composti da un corpo principale dotato di una piastra che eroga la fiamma su cui appoggiare il pentolino, la quale può avere o meno un sistema di accensione piezoelettrico, come un design anti-vento e da una bombola contenente il gas, che serve anche come base di supporto. Le ricariche di gas seguono degli standard e generalmente pesano dai 180 ai 220 g l'una e la loro autonomia si aggira intorno alle tre ore di cottura.



Fornello a gas Kemper con accensione piezoelettrica e piastra anti-vento

Fornello a benzina

Il fornello a benzina presenta un design molto simile a quello a gas. La differenza più sostanziale è data dal corpo di alimentazione. Al posto di una bombola infatti è presente una tanica per il contenimento della benzina. Al contrario dei fornelli a gas questi sistemi sono dotati di un ingresso che permette di rifornire di benzina la tanica, rendendoli molto versatili, grazie alla facilità che si ha nel reperirla, in qualsiasi regione del mondo ci si trovi.



Un esempio di fornello a benzina con tanica

Fornello ad alcol

L'alcol denaturato è un ottimo combustibile, la cui fiamma è facilmente controllabile. Sebbene la fiamma prodotta bruciando alcol non sia paragonabile in termini di potenza rispetto a quella di gas e benzina, questi fornelli sono molto sfruttati, perché le loro dimensioni sono estremamente ridotte. Il loro design, riproducibile anche a casa con materiali di fortuna come le lattine, è composto da un contenitore forato, dentro il quale si immette il combustibile. La durata della fiamma dipende dalla quantità di alcol usato, ma in generale dura a lungo.¹⁰



La fiamma prodotta da un fornello ad alcol

Buddy burner

Un buddy burner è una soluzione di fortuna per avere una fonte di calore sempre disponibile e a basso costo, da usare per cucinare o riscaldarsi in situazioni di emergenza.

Si realizza riciclando una scatoletta in alluminio, da utilizzare come contenitore. In esso viene inserita una striscia di cartone avvolta attorno a sé come una spirale. Infine si ricopre la spirale in cartone di cera fusa, che permette alla fiamma di bruciare ma non di consumare istantaneamente il cartone.¹¹



Un buddy burner realizzato con la scatola di una cera per capelli

2.2.3 Fonti di calore senza fiamma

Come visto in precedenza, le fonti di calore a fiamma viva, sebbene ancora molto utilizzate, presentano delle criticità tali per cui si rende necessario pensare a delle soluzioni alternative.

Riscaldamento elettrico a batteria

L'avanzamento tecnologico nel campo dell'elettronica ha permesso di sviluppare delle batterie dalle ridotte dimensioni, ma con alta capacità di carica. Oltre alle applicazioni note come gli smartphone, queste batterie possono essere utilizzate come fonte energetica da convertire in calore. Sono molti gli oggetti che oggi subiscono upgrade, diventando smart.

In quest'ottica, una normale tuta è stata dotata di pad in fibra di carbonio, collegati a una batteria, la cui energia viene convertita in calore. La batteria ha una durata di quasi cinque ore, può essere estratta per la ricarica ed è in grado di raggiungere temperature elevate, fino a 50°C. L'intero sistema è impermeabile, così da evitare cortocircuiti e permetterne il lavaggio.¹²

Sulla stessa falsariga della tuta, anche il sacco a pelo ha subito un upgrade, grazie a tre piastre al grafene collegate a una power bank rimovibile che garantisce un'erogazione del calore fino a sei ore. Le piastre sono disposte all'altezza del collo, del lombare e dei polpacci per garantire una performance migliore e un riscaldamento più efficace dell'utente. Il peso del device si aggira intorno al chilo e mezzo, quindi, poco superiore ai sacchi a pelo comuni.¹³

Dunque, il focus della nostra ricerca, il calore portatile, prende in considerazione soltanto i sistemi senza fiamma, come possibile strada progettuale.



Esempio di tuta riscaldata a batteria



Esempio di materassino a batteria con piastre in grafene

Solar cooking

Nonostante il grande progresso tecnologico registrato dalle batterie al litio, quest'ultime non sono ancora in grado di permettere la cottura. Tuttavia, esistono diversi sistemi per cucinare senza l'utilizzo di fiamma vive. Tra questi, Solar Cooking risulta un valido esempio. Un solar cooker è uno strumento che convoglia l'energia irradiata dal sole e la utilizza come fonte di calore

per riscaldare, cucinare o pastorizzare alimenti. Caratterizzato da basso costo e semplicità realizzativa, questo sistema è molto apprezzato anche grazie alla mancanza di emissioni nocive derivate dalla combustione. Infatti, è spesso promosso da molte organizzazioni no-profit come sistema di cottura sostenibile.



Variante di solar cooker a pannello

Solar cooking si basa sul principio della riflessione in un unico punto dei raggi solari incidenti su una superficie. Con questo sistema è possibile raggiungere temperature talmente alte da fondere i metalli, ma per la cucina i range si aggirano tra i 65°C e i 400°C. Visto che il riscaldamento dei cibi avviene per conduzione, è necessario massimizzare l'assorbimento del calore da parte delle pentole. Per farlo si utilizzano, oltre che materiali ad alta conducibilità del calore, anche una tinta nera, che facilita l'assorbimento. Infine, altro importante fattore è la dispersione del calore, che va mantenuta al minimo, ad esempio isolando con un coperchio di vetro la pentola, per ridurre la convezione e creare un effetto serra all'interno.¹⁴

Esistono diverse tipologie di solar cooker. I cosiddetti box cooker sono costituiti da una forma a cassetta, sulla cui sommità è posta una lastra trasparente in vetro o plastica per evitare la dispersione del calore, che può essere rimossa per posizionare le pentole all'interno del forno solare. Le pareti interne del box sono costituite da materiale metallico riflettente, ma possono essere aggiunti dei riflettori extra. Tutto il sistema è poi termicamente isolato dall'esterno attraverso dei materiali che resistono alle alte temperature, che in questo caso arrivano fino a 150°C.

La seconda tipologia è quella parabolica. Questi sistemi sfruttano una parabola riflettente che concentra tutta l'energia in un singolo punto. Sebbene siano molto più difficili da realizzare con materiali di fortuna, vista la complessità della forma, le parabole sono molto più efficienti e rapide degli altri sistemi. Tuttavia, richiedono molta attenzione durante l'utilizzo perché vanno costantemente ricalibrate in funzione dello spostamento del sole.¹⁵



Box cooker DIY realizzato con una scatola di cartone, specchi e una pentola di colore scuro



Solar cooker a parabola pieghevole



Solar cooker sottovuoto della Gosun Go

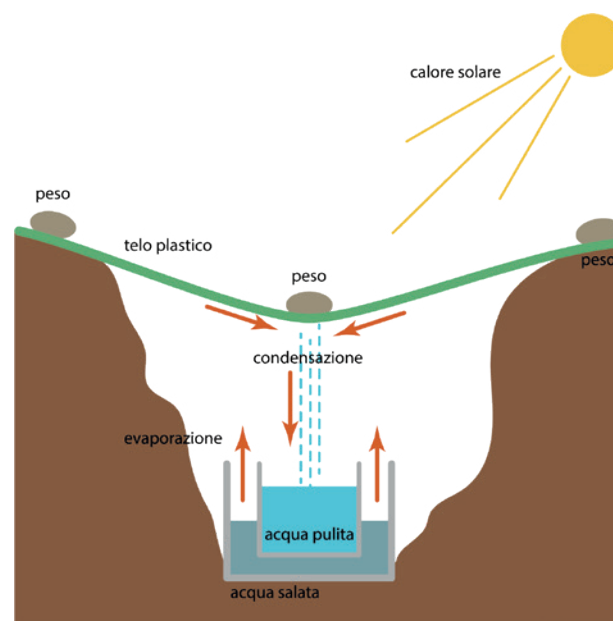
Infine, la terza categoria è quella dei sistemi sottovuoto. Il design di questi solar cooker è composto da un tubo in cui l'aria viene sottratta, inserito all'interno di un sistema specchiante richiudibile. L'uso del sistema sottovuoto serve per convogliare l'energia direttamente al cibo, ma svolge anche la funzione d'isolante termico. Il tubo è spesso realizzato in vetro borosilicato, resistente allo shock termico.¹⁶

Dissalatore solare

L'energia solare risulta molto versatile anche per altre applicazioni oltre che a cucinare. Il dissalatore solare è una tecnica utile a ricavare acqua potabile proveniente dal mare. Essa viene insegnata durante gli addestramenti di forze militari e nei corsi di sopravvivenza, ma viene spesso impiegate in zone remote e nei paesi in via di sviluppo, in cui non sono presenti acquedotti e l'acqua potabile scarseggia.

Questa tecnica si basa sull'evaporazione di acqua marina dovuta al calore del Sole.

Il procedimento prevede un contenitore in cui si versa l'acqua salata. Al centro di esso viene posto un secondo contenitore di dimensioni ridotte, che servirà a raccogliere l'acqua dolce. Si procede coprendo entrambi i contenitori con un telo di materiale plastico che tratterrà la condensa dovuta dall'evaporazione dell'acqua salata. Grazie a un peso posto al centro del telo si può convogliare la condensa nel contenitore di raccolta dell'acqua potabile.¹⁷



Schema di funzionamento della tecnica di dissalazione solare

Purtroppo, il grado di efficienza di questa tecnica è molto basso, e la produzione di acqua si attesta all'incirca sui due litri di acqua potabile al giorno. Tuttavia, dalla collaborazione tra il MIT e la Shanghai Jiao Tong University in Cina, è stato possibile realizzare un redesign del dissalatore solare che ha permesso di aumentare la quantità d'acqua prodotta fino a 1,5 litri di acqua all'ora. La nuova versione è costituita da una serie di evaporatori e condensatori stratificati in modo verticale e sormontati da un isolante in aerogel.¹⁸



Il dispositivo di dissalazione solare elaborato dal MIT

Zeolite e calore

Particolari tipologie di minerali, noti come zeoliti, sono in grado di sviluppare grandi quantità di calore una volta a contatto con della semplice acqua. Il processo, che tratteremo meglio in seguito, è reversibile somministrando calore alla zeolite per una certa quantità di tempo ed è stato sfruttato in diverse applicazioni.¹⁹

La Vaillant, ha sviluppato una particolare caldaia a condensazione integrata di un modulo termicamente isolato contenente zeolite, il quale viene costantemente bagnato e successivamente riscaldato. Questo processo aumenta le prestazioni di queste caldaie, considerate ormai al massimo della loro efficienza.²⁰

La Bosh sfrutta la zeolite per generare calore secco che viene impiegato per l'asciugatura delle stoviglie. La zeolite si attiva convogliando su di essa l'umidità interna della lavastoviglie. Il calore secco è più efficiente del vapore, impiegato nelle

normali lavastoviglie, poiché permette un'asciugatura più rapida e senza gocce a fine processo.²¹



La zeolite prodotta da Vaillant

Zeocooking

L'applicazione più significativa della zeolite è quella dello chef Paolo Carratosidis, ideatore di Zeocooking. Grazie alle proprietà della zeolite, il cuoco è riuscito a sviluppare un metodo di cottura degli alimenti senza gas o elettricità. Il suo sistema, molto semplice, è una versione alternativa della cottura sottovuoto, apprezzata dagli chef di oggi.

Il cibo crudo, insieme ai gusti e condimenti, è contenuto all'interno di buste di plastica sottovuoto, le quali vengono poste in un contenitore ermetico che isola e mantiene la temperatura interna del sistema. All'interno del contenitore viene posta la zeolite, nella quale verrà immerso il cibo, in modo da ottenere una distribuzione del calore più uniforme possibile. Una volta versata dell'acqua di rubinetto, la zeolite si scalda, generando una salita termica che può arrivare fino a 110°C in pochi secondi.²²

La scelta del sottovuoto, oltre protegge l'alimento dal contatto diretto con il minerale, limita il rischio di ossidazione degli alimenti, che mantengono il loro colore naturale, oltre che le proprietà nutritive. Una volta cotti, i cibi possono essere serviti subito o congelati con il sacchetto, al cui interno l'assenza di ossigeno permette di mantenere il gusto a lungo, consentendo maggior flessibilità agli chef, che possono preparare con largo anticipo i piatti.

Tra gli alimenti che è possibile cucinare troviamo tutti i tagli di carne morbida e dura, il pesce, soprattutto il salmone, che non subisce rosolature o arrostitimenti, ma anche i crostacei e i molluschi, i quali rimangono teneri.²³



Paolo Carratosidis mostra la sua zeolite

Tutte le tipologie di verdure sono adatte alla cottura sottovuoto, come anche la frutta. Questo innovativo sistema di cucina sottovuoto, permette di cuocere alimenti ovunque e senza fiamme vive. La cottura dura intorno ai 10 o 15 minuti. Una volta terminata la reazione esotermica, che permette fino a tre cicli di cottura con una sola attivazione, la zeolite va rigenerata. Per farlo è necessario fornirle grandi quantità di energia termica, in modo da permettere all'acqua in essa contenuta di evaporare.²⁴



Dimostrazione della modalità di cottura Zeocooking e delle proprietà della zeolite

Sistemi autoriscaldanti attivati ad acqua

Lavagel è una tecnologia brevettata utile a produrre calore senza l'utilizzo di fiamma. Il suo principio di funzionamento si basa su un composto costituito da quattro minerali che producono una forte reazione esotermica quando attivati dal contatto con l'acqua. Sebbene la ricetta del composto risulti ignota, l'azienda specifica che i minerali impiegati non sono nocivi per l'uomo, sono adatti al contatto con gli alimenti e si possono smaltire in modo sicuro senza recare danni all'ambiente. Questa tecnologia rivoluzionaria può essere impiegata in diversi settori, infatti, molte aziende usano i loro sistemi per sviluppare diversi prodotti.²⁵

H^oeat è una delle principali applicazioni della tecnologia Lavagel. Si tratta di pad usa e getta, che possono essere disposti sotto il cibo da riscaldare. Una volta attivate, versando dell'acqua, le basi producono fino a 100°C e possono mantenere caldo il cibo per circa due ore.²⁶

Grazie alla sua versatilità, questa tecnologia trova applicazione anche nel campo del primo soccorso, dove è stato impiegato per realizzare delle coperte auto-riscaldanti, ma anche nel settore della cosmetica, per la produzione di maschere termiche per la pulizia del viso.²⁷



Diversi esempi di applicazione dellla tecnologia di Lavagel

Lavagel, non è l'unico sistema della sua specie. Soprattutto nel mondo del mercato alimentare esistono vari casi studio di alimenti in confezioni auto-riscandanti. La loro preparazione, che si

Pocket Bar è stato ideato per fornire all'utente del caffè caldo istantaneo. La confezione è dotata di un sistema auto-riscaldante che si attiva premendo il bottone al centro, liberando dell'acqua che reagisce chimicamente con l'ossido di calcio, producendo energia termica utile a riscaldare la bevanda. Purtroppo, tutta la confezione è usa e getta.²⁸



Una confezione di pocket bar



Il sistema di funzionamento dei noodles autoriscaldanti

basa sulla reazione esotermica che intercorre tra la calce e l'acqua, di cui parleremo più a lungo in seguito, è molto meno segreta di Lavagel e usata già da tempo.

Allo stesso modo, il mercato orientale offre delle confezioni auto-riscaldanti contenenti noodles da cuocere sul momento. Il prodotto è composto da due contenitori impilabili. Nel primo viene inserito un sacchetto contenente il reagente, nel secondo invece si inserisce il cibo da preparare. Versando dell'acqua sopra il sacchetto la reazione esotermica, che in pochi secondi raggiunge temperature prossime ai 100°C, è in grado di riscaldare gli alimenti. Viene fornito un coperchio per evitare la dispersione del calore.²⁹

Conclusioni

Comparando i casi studio relativi alle fonti di calore senza fiamma, come già detto, da preferire in contesti escursionistici rispetto alle fiamme vive, possiamo trarre alcune conclusioni.

I sistemi a batteria risultano particolarmente efficienti nel mantenere un elevato grado di comfort per l'utente. Sono capaci di raggiungere temperature adatte al corpo umano, senza superare il limite di sicurezza dei 50°C, oltre il quale si possono provocare ustioni. Inoltre, l'integrazione dei circuiti elettrici consente la programmazione sia dell'accensione che dello spegnimento, sia della regolazione della temperatura. Infine, l'impermeabilità del sistema e il riutilizzo della batteria con periferiche standard, consente un'utilizzo prolungato nel tempo. Tuttavia, l'autonomia dei sistemi non è sufficiente a fornire calore per diversi giorni in luoghi in cui non è presente una sorgente di energia elettrica per ricaricare le batterie. Il risultato è che dopo alcune ore di utilizzo questi sistemi divengono inutilizzabili e costituiscono una zavorra per l'escursionista. La stessa temperatura massima di esercizio è un'ulteriore limitazione poiché non consente di sfruttare il calore per altre applicazioni, come la cottura o il riscaldamento delle vivande.

D'altro canto, i sistemi a energia solare come Solar Cooking, sono in grado di fornire molta energia termica, superando le limitazioni delle batterie e consentendo la cottura degli alimenti anche ad alte temperature, permettendo addirittura le reazioni chimiche alla base della frittura. Purtroppo, il loro principale problema deriva dalle dimensioni. Questi sistemi necessitano, in

genere, di grandi superfici per concentrare la quantità di energia termica necessaria per ottenere temperature tanto elevate. Sebbene esistano casi studio di sistemi con dimensioni molto ridotte, esse sono ancora troppo grandi, e le loro forme risultano non comprimibili, diventando molto interessanti per usi meno impegnativi (durante una giornata al mare, ad esempio), ma scarsamente impiegabili nei contesti escursionistici.

Al contrario, i sistemi chimici di stoccaggio di calore, risultano quelli più adatti ai nostri scopi. In primo luogo, sono facili da utilizzare, poiché attivabili per contatto diretto con acqua o aria, dunque possiedono un livello di affordance di utilizzo simile a quello dei sistemi a batteria. In secondo luogo sono molto efficienti, infatti, con modeste quantità di prodotto (in genere, i sistemi a ossido di calcio non superano i 100 g), si riescono a ottenere fino a 120°C. A queste temperature, sicuramente il riscaldamento delle vivande e, in alcuni casi, la cottura sono consentiti. Inoltre, variando le specie chimiche utilizzate e le quantità, si possono programmare per durata e temperatura gli output termici che si vogliono ottenere, rendendo possibile anche il riscaldamento corporeo alle temperature di 50°C.³⁰

Per tutte queste motivazioni, la nostra ricerca ha preso in analisi i sistemi chimici di stoccaggio termico come fonte di calore portatile in ambito escursionistico.



3

**Chimica
e calore**



3.1 I sistemi chimici di stoccaggio di calore

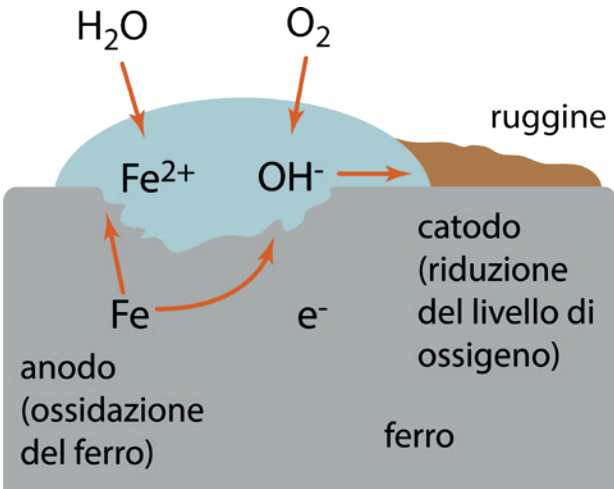
In questo capitolo verranno presentati i sistemi chimici di stoccaggio termico, sia in funzione della chimica alla base delle loro reazioni, che in funzione delle nostre sperimentazioni, dove richieste, con questi composti. I dati ottenuti serviranno per una comparazione finale dei sistemi, utile a indirizzare ciascuno di essi a un'applicazione specifica. Tra di esse, la migliore in termini di efficienza verrà approfondita attra-

verso un progetto. I composti che tratteremo sono quattro, ovvero:

- I sistemi ad ossidazione dei metalli*
- Il sodio acetato super saturo*
- La zeolite*
- La calce viva*

3.1.1 Accelerare l'ossidazione dei metalli

La corrosione è un fenomeno estremamente comune nei materiali metallici. Quella del ferro è particolarmente studiata a causa della grandissima diffusione di tale materiale. Il processo di corrosione nei materiali metallici è paragonabile al principio di funzionamento delle batterie. Infatti, sulla superficie del materiale si genera una zona anodica, in cui il ferro si ossida, liberando elettroni, che fluiscono in una zona catodica, esposta all'esercizio dell'aria e dunque dell'ossigeno. Qui, in presenza di acqua, l'ossigeno dell'atmosfera si riduce e l'idrossido ferroso si trasforma in ruggine.



Schema esplicativo del fenomeno della corrosione dei metalli

Durante questo processo avviene una dispersione di calore. Normalmente, è difficile accorgersi del calore dissipato durante il processo di corrosione dei metalli, poiché i tempi di reazione sono molto dilatati, ma usando un catalizzatore il processo di corrosione può essere accelerato. Il cloruro di sodio, comunemente noto come sale da cucina, se aggiunto alla soluzione acquosa a contatto con il ferro ne aumenta di molto la conducibilità, rendendo più facile il trasporto delle cariche elettriche dalla zona anodica a quella catodica.

Questo sistema è alla base degli scaldini attivati per contatto con l'aria.³¹

Gli scaldini ad aria sono una tecnologia molto semplice da realizzare e possono essere riprodotti anche in casa. I componenti del sistema sono pochi: all'interno della cellulosa o della segatura, che fungono da riempitivo, si inserisce dell'ossido di ferro in polvere e della vermiculite, avente lo scopo di fornire la riserva d'acqua necessaria ai processi di corrosione del metallo. Alla miscela si aggiunge anche del sale, che come detto in precedenza agisce da catalizzatore per la reazione. Infine, viene impiegato del carbone attivo per diffondere uniformemente il calore. Il tutto è racchiuso all'interno di un sacchetto in tessuto TNT che, una volta estratto dalla confezione ermetica in alluminio, mette in contatto il composto con l'ossigeno dell'aria, attivando la reazione e rilasciando calore.³²



Scaldino attivato ad aria

Poiché questa forma di calore portatile è alla base di prodotti in commercio, non è stato necessario eseguire delle prove. Di seguito sono riportati i dati relativi alla loro reazione:



45°C



6 ore



Non riutilizzabili

3.1.2 il “ghiaccio caldo”



Rielaborazione artistica di cristalli di sodio acetato

Una seconda tipologia di scaldamani chimici è quella a base di sodio acetato super-saturo. Questo composto è una soluzione che a temperatura ambiente risulta liquida, ma non appena subisce delle vibrazioni cristallizza, liberando calore durante il processo.

Una soluzione sovrasatura è un composto in cui all'interno del solvente è disciolto più soluto di quanto sia possibile. Per ogni soluzione, a temperatura ambiente, esistono delle concentrazioni di soluto che possono essere disciolte fino a raggiungere un punto di saturazione, oltre il quale

non è possibile aggiungerne dell'altro. Tuttavia, se si alza la temperatura della soluzione, è possibile continuare a disciogliere altro soluto nel solvente. Una volta raffreddata, la soluzione sarà sovrasatura. Questo stato del composto è molto instabile ed è perciò semplice ottenere una sua cristallizzazione.

Il sodio acetato supersaturo non è altro che una soluzione riscaldata per disciogliere un contenuto di sodio acetato maggiore del punto di saturazione all'interno di acqua. Una volta raffreddato, basterà generare un centro di nucleazione nella della soluzione, ovvero, creare una vibrazione tale

da comprimere la soluzione favorendone la cristallizzazione. Durante questo processo di solidificazione il sodio acetato libererà calore fino a raggiungere i 54°C, ovvero la temperatura alla quale il sodio acetato solidifica.³³

Gli scaldamani a sodio acetato supersaturo utilizzano, quindi, questa proprietà della sostanza per produrre calore istantaneo. La soluzione è sicura, non essendo nociva né per l'uomo né per l'ambiente. L'attivazione del sistema è affidata a una placchetta di metallo immersa nel liquido, a sua volta contenuto in una confezione di plastica morbida. Una volta compressa la placca, le vibrazioni da essa prodotte generano il centro di nucleazione che attiva la produzione di calore.

Terminata la reazione, questi scaldamani possono essere riportati allo stato iniziale immergendoli in acqua bollente. Questo espediente sfrutta l'acqua come conduttore di calore, il quale viene trasmesso dalla confezione al sodio acetato cristallizzato in modo che si possa disciogliere di nuovo nell'acqua. Una volta freddi, gli scaldamani possono essere riutilizzati allo stesso modo.³⁴

Analogamente agli scaldamani attivati ad aria, che funzionano per ossidazione del ferro, anche gli scaldamani a sodio acetato supersaturo si trovano in commercio, dunque, non è stato necessario eseguire delle prove sperimentali. Di seguito sono riportati i dati della reazione



Scaldino a sodio acetato supersaturo



55°C

Max



20-30 minuti



5 minuti a 100°C

3.1.3 La zeolite



Cumulo di zeolite Chabasite

La zeolite, precedente citata nel capitolo 2, è un minerale di origine naturale, ma può anche essere prodotto sinteticamente. Il nome, di origine greca, significa letteralmente “pietra che bolle” (zein=bollire e lithos=pietra) Esso è stato coniato dal mineralogista Alex F. Constedt, dopo aver assistito alla liberazione di vapore acqueo da parte di queste pietre quando riscaldate ad alte temperature.³⁵ Esistono più di 170 tipologie diverse di zeolite. Considerando che di queste solo 46 sono naturali, mentre le altre sono prodotte sinteticamente, si deve ammettere che l’interesse per questi

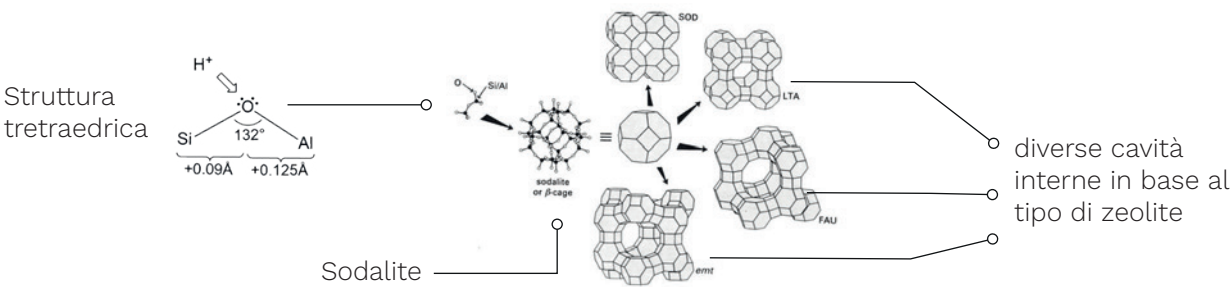
minerali nell’industria è molto alto.³⁶ Infatti, le zeoliti trovano impiego in moltissimi settori. Grazie alla loro micro-struttura interna porosa, simmetrica, al contrario di composti come i carboni attivi, esse vengono impiegate principalmente come setaccio molecolare. Le zeoliti sono in grado di assorbire selettivamente diverse tipologie di sostanze e sono utilizzate in diversi campi, dalla raffineria del petrolio a quella dei gas, dove agiscono come essiccatori, purificatori e separatori di sostanze.³⁷ Risulta curioso che le zeoliti trovino impiego anche in agricoltura. I terreni in cui è presente

questo materiale soffrono meno di aridità. Grazie alla loro alta igroscopicità, le zeoliti assorbono l’acqua piovana e la rilasciano lentamente durante tutto l’anno insieme a importanti sostanze nutritive per via dei processi di scambio cationico.³⁸ Infine, in medicina, la zeolite in polvere, assunta oralmente, viene usata per depurare l’organismo da metalli pesanti, impurità o in casi estremi da sostanze velenose. La polvere raccoglie queste sostanze come una spugna per poi essere espulsa naturalmente.³⁹



Polvere di zeolite utilizzata in ambito agricolo

La struttura



Schema esplicativo della modalità di formazione della struttura porosa della zeolite

La zeolite è un tectosilicato, ovvero un composto alluminosilicato riunito in strutture tetraedriche legate insieme da ponti di atomi di ossigeno. L’unione di più tetraedri genera una struttura denominata sodalite, la quale a sua volta si può combinare con altre sue simili per ottenere una micro-struttura porosa. Le cavità interne hanno dimensioni che variano

a seconda del tipo di zeolite analizzato. Dalla loro dimensione dipende la selettività della zeolite alle diverse sostanze da assorbire. All’interno di pori molto piccoli possono essere ospitate solo molecole di dimensioni ridotte, come l’acqua o l’anidride carbonica, viceversa, zeoliti dai pori più grandi assorbono anche molecole più complesse come gli idrocarburi.⁴⁰

La sintesi

La zeolite è prodotta a partire da soluzioni acquose contenenti ioni alluminati e silicati, con l'aggiunta di composti alcalini. Il prodotto della soluzione, un gel, viene sottoposto a trattamento termico, sfruttando ad esempio l'azione di un vapore acqueo ad alta pressione (processo di sintesi idrotermale), così da formare i cristalli di zeolite. Il tempo di cristallizzazione varia da poche ore a diverse settimane, per cui durante il processo campioni di cristalli vengono esaminati per verificare lo stato di avanzamento della formazione della struttura interna.⁴¹



Sfere di zeolite sintetica in diametro da 1 mm

Le proprietà

Come possiamo notare dalla formula generale della zeolite, essa è composta da una struttura alluminosilicata che si ripete come descritto nei paragrafi precedenti.

All'interno delle cavità della struttura sono presenti dei cationi di diverse specie chimiche, tra cui sodio e potassio. Questi sono i responsabili della proprietà di scambio cationico della zeolite. Una volta a contatto con la sostanza da assorbire, vengono scambiati con essa, intrappolandola all'interno delle cavità.

Sempre dalla formula possiamo notare la presenza di acqua all'interno del minerale. Se il numero di molecole d'acqua tende a zero, la zeolite è in fase desorbica, che si realizza quando si essicca il minerale. Altrimenti, se questo numero è maggiore di zero vi è una fase adsorbica, ovvero, la zeolite ha assorbito acqua.⁴²



Cationi intercatena Struttura alluminosilicata Fase adsorbica

La formula chimica generale della zeolite

Il nostro interesse verso la zeolite nasce dallo studio di diverse applicazioni da parte di Zeocon, Bosch e Vaillant, già discusse nei capitoli precedenti, che hanno utilizzato il minerale come fonte di energia termica erogata istantaneamente se posta a contatto con acqua.

Le informazioni in nostro possesso all'inizio della ricerca sul materiale mettevano in luce che una volta bagnata, il calore prodotto sarebbe stato tale da raggiungere temperature comprese tra gli 80 e i 110°C. Questa forte reazione esotermica non è sprigionata da una combustione, bensì dalla capacità di una particolare tipologia di zeolite d'intrappolare l'acqua nelle sue cavità, rallentarne le molecole e sottrarre loro energia cinetica, che viene poi rilasciata all'esterno. Infine, è noto che il processo sia reversibile. Scaldando il minerale a temperature comprese tra i 100 e i 300°C si fornisce energia alle molecole d'acqua assorbite, le quali vengono quindi espul-

Rintracciare la giusta zeolite

Per arrivare all'ottenimento di un campione sono state avviate delle comunicazioni con diverse aziende del settore e parallelamente si è intrapresa una ricerca sulla chimica del minerale per comprendere meglio le sue proprietà. Le aziende contattate sono:

Zeolite italia
Verdi spa
Redibis italia

Grazie alle prime due aziende abbiamo ottenuto un campione di una tipologia di zeolite naturale, la cosiddetta Chabasite. L'interesse verso i minerali di origine naturale nasce dal minore impatto ambientale in fase di produzione, poiché estratti a basse profondità. Inoltre in Toscana è presente una cava di estrazione di zeolite.⁴⁴ Purtroppo le sperimentazioni con la zeolite naturale hanno messo in luce che le proprietà di

se dalla zeolite sotto forma di vapore, consentendo un nuovo ciclo di produzione di calore.

Le informazioni preliminari provenienti dalla ricerca in rete necessitano di essere confermate da prove empiriche per dimostrare la bontà del processo. Tuttavia, per farlo è stato necessario risolvere un problema fondamentale. Dallo studio delle applicazioni non è mai emerso quale fosse la tipologia di zeolite con queste particolari proprietà da noi ricercate. Con più di 170 diverse zeoliti, rintracciare quella giusta non è stato semplice.⁴³

produzione di calore sono riscontrabili solo nelle zeoliti sintetiche. Infatti, bagnandole, non abbiamo assistito ad alcun aumento di temperatura. Tuttavia abbiamo potuto escludere le zeoliti naturali dalla lista.



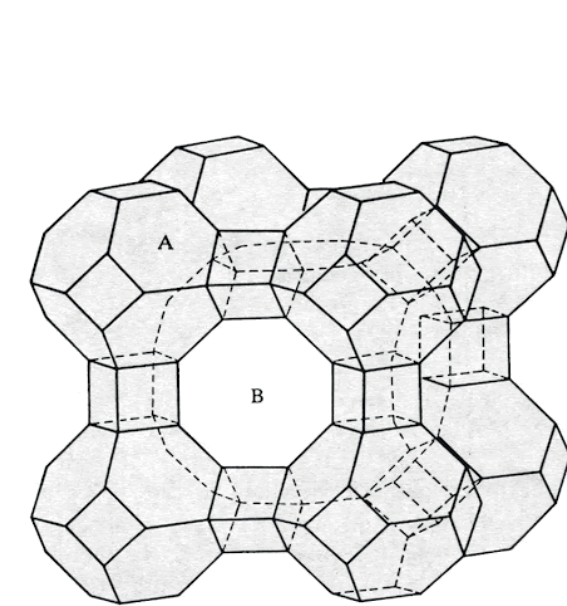
La zeolite naturale non produce calore

Parallelamente, gli studi sulla zeolite hanno permesso di capire che per ottenere la miglior efficienza nella produzione di calore è necessario che si verifichi un'importante condizione: i pori della struttura della zeolite devono essere di dimensioni simili a quelle della molecola d'acqua, così da intrappolarle.⁴⁵ Inoltre, a seguito di un colloquio con Marco

Piumetti, professore associato presso il Politecnico di Torino ed esperto di zeoliti, è stato messo in chiaro che per esibire le proprietà da noi ricercate il minerale deve essere additivato con una sostanza che reagisce fortemente con l'acqua. Grazie a queste informazioni abbiamo compreso che la zeolite sintetica 3A è la tipologia che fa al caso nostro.

Perchè la 3A

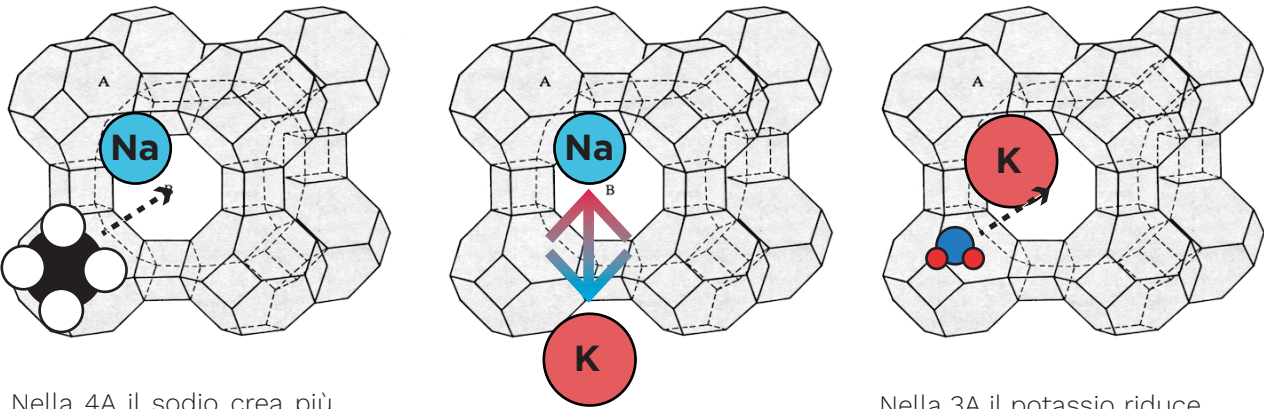
Le zeoliti di Tipo A o LTA, sono particolari strutture composte da 4 sodaliti ai vertici di una macro-struttura cubica. L'interesse per queste tipologie nasce dal fatto che sono le zeoliti sintetiche più facili da trovare in commercio. Inoltre, la struttura cubica è anche quella che più assomiglia alla documentazione generale sulla zeolite di aziende come Vaillant. Dalla grandezza delle cavità al centro della struttura deriva la classificazione di queste zeoliti. La dimensione si misura in Angström, un'unità di misura per dimensioni estremamente piccole non usata nel Sistema Internazionale. Dunque, la zeolite 3A, possiede dei fori grandi 3 Angström, la 4A di 4 Angström e così via. Una molecola d'acqua ha dimensioni pari a 0,2 nm, ovvero 2 Angström. Poiché la zeolite 3A risulta avere la dimensione dei pori più piccoli in commercio, è l'unica in grado di soddisfare la condizione definita in precedenza.



Una rappresentazione della struttura delle zeoliti di tipo A

Lo studio della sintesi delle zeoliti 3A ha permesso di definire ulteriori prove della sua alta reattività all'acqua. Tutte i setacci molecolari di tipo A vengono prodotti inizialmente con pori grandi 4A. La grandezza delle cavità dipende da quella dei cationi intercatena presenti all'interno della struttura. Il sodio è il catione all'interno delle zeoliti da 4 Angström, ma può essere sostituito con altre specie chimiche attraverso dei processi industriali standard per questi materiali. In particolare se il sodio viene sostituito con il potassio, una specie chimica di dimensioni più grandi, lo spazio totale all'interno delle cavità si

riduce, passando da 4A a 3A.⁴⁶ Sapere che nella zeolite 3A è presente del potassio, ha confermato anche l'ipotesi del professor Marco Piumetti. Infatti, il potassio è un metallo alcalino, che reagisce violentemente con l'acqua. Dunque la 3A è la zeolite giusta sia per la grandezza dei pori, confrontabili con la molecola d'acqua, sia per la sostanza con cui è additivata. Infine, il colloquio telefonico con l'azienda Redibis, la quale fornisce consulenza su questi materiali, nonché l'unica davvero a conoscenza di queste proprietà esotermiche della zeolite, ha confermato che la 3A è la tipologia più efficiente.



Nella 4A il sodio crea più spazio all'interno (ospita molecole più grandi come il metano)

Scambio dello ione Na con lo ione K (più grande)

Nella 3A il potassio riduce lo spazio interno (ospita molecole più piccole con l'acqua)

Schema riassuntivo della procedure di formazione della zeolite 3A

Le sperimentazioni

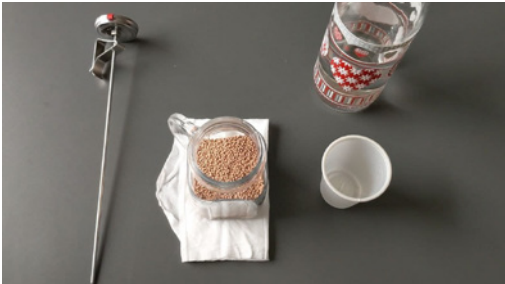
Una volta compreso quale zeolite servisse, ci si è procurati un campione. Trovare della 3A non è stato semplice, poiché difficilmente le aziende produttrici vendono ai privati. Tuttavia, dopo molte ricerche, è stato acquistato presso un rivenditore online mezzo chilogrammo di zeolite 3A, l'unica che si è riuscito ad ottenere.

Le sperimentazioni hanno puntato a comprendere diversi aspetti tecnici sul processo di produzione del calore, ovvero: La quantità d'acqua necessaria ad attivare la zeolite, la temperatura massima raggiungibile, la durata della reazione e il tempo di rigenerazione.

Per gli esperimenti è stato utilizzato un contenitore, per il trattenimento del calore, un termometro da cucina, dell'acqua e una teglia su cui disporre la zeolite da riscaldare in forno.



La zeolite 3A in nostro possesso



1. Preparazione del necessario per la reazione



2. Aggiunta dell'acqua sulla zeolite



3. Sviluppo della reazione e produzione di calore



4. Controllo dei risultati

Zeolite e neve

Una delle nostre principali curiosità era quella di verificare il comportamento della zeolite a contatto con acqua non allo stato liquido, ma solido. Dopo una nevicata, è stata eseguita un'ulteriore sperimentazione che ha messo in luce come anche la neve possa essere assorbita dalla zeolite. Tuttavia, poiché la temperatura dell'acqua ghiacciata è molto inferiore rispetto a quella ambientale, non si sperimentano grandi produzioni di calore, poiché l'energia prodotta viene spesa per compensare il divario di temperatura tra la neve e la zeolite.

Conclusioni

Purtroppo, la zeolite in nostro possesso non ha sviluppato più di 50°C di temperatura, valore ben al di sotto di quelli ottenuti da Vaillant e Zeococking.

Riteniamo che questo sia dovuto alla scarsa affidabilità del rivenditore, che potrebbe aver fornito zeolite 4A al posto della 3A. La prima, sebbene vanti pori molto piccoli e sia additivata con il sodio, altro metallo alcalino che reagisce violentemente con l'acqua, non è altrettanto efficiente quanto la 3A.

Nonostante ciò, le sperimentazioni hanno dimostrato che esiste la possibilità di produrre calore in modo semplice sfruttando acqua e zeolite. Per quanto riguarda le altre domande all'inizio della sperimentazione, possiamo dire che: l'acqua necessaria per attivare il processo è poca. Infatti, è sufficiente che la zeolite sia appena bagnata per produrre la maggior quantità di calore possibile. La durata dell'effetto è variabile.



La zeolite assorbe la neve, scavando progressivamente un solco. Catturando l'acqua diventa più scura

Il picco di 50°C si mantiene per circa 5 o 10 minuti, ma la zeolite rimane molto calda per circa 30 minuti. Infine, per rigenerare la zeolite, sono sufficienti due ore in forno a 220°C.

Riteniamo che con della zeolite più performante le sperimentazioni avrebbero restituito risultati più incoraggianti, ma l'impossibilità di trovare altra zeolite 3A ci ha impedito di continuare la ricerca.



50°C

Max



10 minuti



2 ore a 220°C

3.1.4 La calce viva

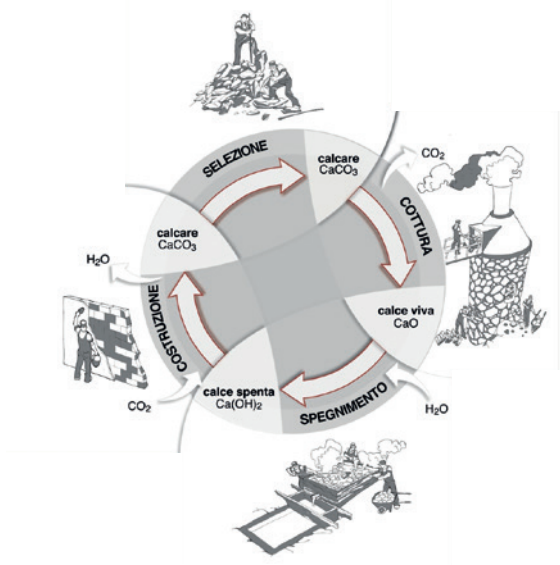
Il ciclo della calce è il termine che viene dato al processo di trasformazioni che l'omonimo materiale subisce dalla sua formazione fino alla messa in opera. Tale processo produttivo inizia con la ricerca delle pietre calcaree, il quale può avvenire all'interno di cave, le cui rocce prendono il nome di marna, o tra i ciottoli dei greti di un fiume dove si trova il calcare siliceo. La ricerca del calcare, anticamente, era compito dei cosiddetti "carrettieri", persone dotate di grande esperienza in grado di distinguere immediatamente le pietre migliori, caratterizzate da colore biancastro o giallino, ideali per la produzione della calce, da quelli, definite in gergo "matte", con un colore grigiastro, derivato dalla preponderanza di silice all'interno della pietra.

Il ciclo è formato da quattro fasi fondamentali, che sono:

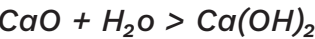
La selezione, il momento in cui le pietre del calcare vengono scelte per scartare il materiale non adatto. I calcari destinati alla produzione della calce vantano una struttura microcristallina e alto contenuto di carbonati

La cottura, dove il calcare viene cotto all'interno di alti forni che raggiungono le temperature di 900°C e permette la decomposizione del carbonato di calcio in calce viva e anidride carbonica

lo spegnimento, processo attraverso il quale la calce viva viene fatta reagire con acqua generando una forte reazione esotermica per ottenere una polvere o una pasta detta calce spenta.



Schema riassuntivo del ciclo della calce



La carbonatazione, il momento che segue la messa in opera della calce. In fase acquosa, il materiale reagisce con l'anidride carbonica presente in atmosfera trasformandosi nuovamente in carbonato di calcio.⁴⁷

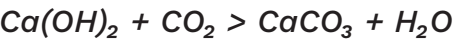
L'interesse verso la calce viva

Studiando possibili esempi di reazioni esotermiche, simili a quelle della zeolite è emersa quella che interviene tra l'acqua e la calce viva.

Come precedentemente spiegato, il momento del ciclo della calce definito come spegnimento, produce una grande quantità di calore, che permane a lungo. Dunque, ci si è chiesti se quello stesso calore potesse essere usato in altri modi, ad esempio, come fonte di calore portatile in escursione.

Per verificare questa ipotesi si è reso necessario ottenere un campione di calce viva per eseguire delle sperimentazioni, così da comprendere i pregi e i difetti di questo materiale, nonché le sue proprietà. Come per la zeolite, non è stato semplice trovare dell'ossido di calcio in commercio.

Inizialmente ci si è rivolti a negozi specializzati in materiale edile, visto che questa è la principale applicazione della calce. In realtà ci si è accorti che la calce viva, una volta estratta dai forni, viene spenta immediatamente, poiché il processo per ottenere un buon prodotto finale dev'essere eseguito in modo sicuro e controllato. Per questo motivo, in commercio i privati possono



Il secchio da 5 Kg di calce viva in grani in nostro possesso

trovare solo calce idrata, ovvero il prodotto derivante dallo spegnimento della calce, che però non reagisce con acqua.⁴⁸ Tuttavia, tramite un rivenditore online, siamo riusciti a ottenere 5 kg di ossido di calcio.

Le sperimentazioni

Per realizzare le sperimentazioni abbiamo studiato le possibili conseguenze dannose dell'utilizzo della calce viva. Questo materiale è molto reattivo, infatti, è noto per provocare ustioni alla pelle e agli occhi in caso di contatto. Inoltre, l'inalazione delle polveri sprigionate può essere pericolosa per l'organismo. Dunque ci si è dotati di mascherina ffp2 per la protezione delle vie respiratorie, guanti di gomma e occhiali protettivi.⁴⁹

Poiché la sicurezza sul prodotto era maggiore rispetto a quanto capitato con la zeolite, in quanto esiste un'unica tipologia di calce viva, sapevamo che le temperature in gioco sarebbero state più alte. Il valore massimo atteso era 100°C in base alle nostre ricerche sullo spegnimento della calce. Per questo motivo è stato possibile fare delle sperimentazioni più accurate sulla durata e pensare a un modo per contenere il calore.

Circa 120g di calce sono stati inseriti all'interno di un sacchetto realizzato in tessuto TNT. Questo è servito a non disperdere la calce nel contenitore, poiché mantenendola compatta il calore si propaga in maniera più efficiente. Inoltre, l'uso del tessuto TNT permette l'ingresso dell'acqua ma non la fuoriuscita della calce.

Il contenitore utilizzato è un barattolo in vetro che presenta un foro sulla superficie del coperchio. Il foro ha due funzioni: permettere la fuoriuscita del vapore, per scongiurare il pericolo di esplosione dovuto alla crescita della pressione interna, e consente l'inserimento di un termometro a spillo per avere una misura più accurata



I DPI richiesti per maneggiare la calce viva



L'occorrente per la sperimentazione

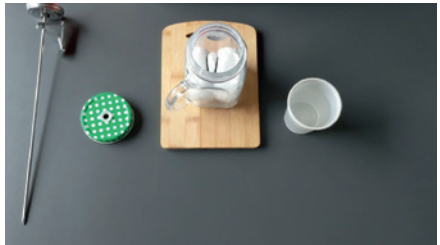
Infine, per evitare al minimo la dispersione del calore e ottenere un dato sulla durata, il sistema è stato posizionato all'interno di una borsa termica con chiusura a zip. La zip della borsa è stata chiusa in modo da lasciare aperta una piccola sezione, così da far uscire ulteriore vapore e la parte graduata del termometro per verificare la temperatura senza aprire la borsa, che rimane isolata.



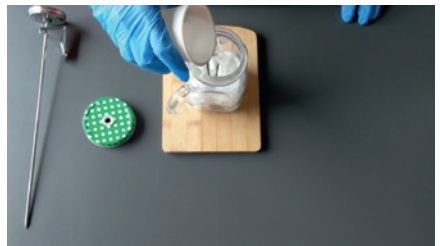
1. preparazione delle quantità di calce (120g)



2. creazione del sacchetto con tessuto TNT



3. preparazione dell'occorrente per la reazione



4. aggiunta dell'acqua di reazione



5. sviluppo della reazione



6. posizionamento del reagente nella borsa termica



7. chiusura della borsa



8. verifica delle prestazioni



9. Controllo decadimento dopo 15 min (100°C)



10. Controllo decadimento dopo 30 min (65°C)



11. Controllo decadimento dopo 50 min (50°C)



12. Verifica rigonfiamento reagente

Conclusioni

Le sperimentazioni sono state molto promettenti. Come si può vedere dalle immagini le temperature in gioco sono state prossime ai 100°, come ci si aspettava. Inoltre, la T aumenta in maniera progressiva, ma la T max viene raggiunta dopo circa un minuto. Questo rende il processo di produzione di calore più sicuro rispetto a quello della zeolite, che al contrario lo eroga istantaneamente, perché fornisce il tempo necessario per attivare in sicurezza la reazione.

Poiché il materiale e le tecniche di lavorazione sono conosciute sin da tempi antichi, è più facile sapere come controllare la reazione. Per ottenere un buon spegnimento della calce bisogna aggiungere acqua pari a un terzo della quantità di ossido di calcio impiegata. Tuttavia, poiché parte dell'acqua evapora per il calore, e altra non viene assorbita, per avere uno spegnimento totale, la quantità d'acqua può arrivare fino al 50% del volume totale di ossido di calcio.

La durata della reazione dipende molto dalla dispersione del calore. Sicuramente il nostro sistema non è stato molto efficiente, per via dei materiali a disposizione. Tuttavia, la Tabella 2 definisce la dispersione del calore con il passare del tempo. Come si può notare, una la T si è mantenuta molto alta per i primi 15-20 minuti, scendendo progressivamente subito dopo. Risultato interessante notare che dopo 50 minuti la T ha ancora livelli molto alti. Infatti, 50°C, come detto in precedenza, è la T max raggiunta dalla zeolite in nostro possesso. Dunque, il sistema a calce viva risulta molto efficace e facilmente controllabile. Di seguito i valori riassuntivi del processo.

T (°C)	calce (g)	H ₂ O (ml)
50	40	30
65	60	40
75	80	50
100	120	60

Tabella 1: riassuntiva della temperature raggiunte in base alla quantità di calce

Tempo (min)	Temperatura (°C)
15	100°
20	90°
25	75°
30	65°
40	60°
50	50°

Tabella 2: riassuntiva della dispersione del calore durante le sperimentazioni con 120g di calce

La seguente tabella riassuntiva mette a confronto tutti i dati relativi a ciascuna tecnologia, ottenuti tramite ricerca o per sperimentazioni.

Il paragone non tiene conto d'importanti fattori, come ad esempio l'ergonomia di utilizzo, che verranno approfonditi nel capitolo successivo.

	CALCE VIVA	ZEOLITE	SODIO ACETATO SUPERSATURO	OSSIDAZIONE DEI METALLI
Temperatura massima	100°C	50°C	55°C	45°C
Durata	15 minuti	10 minuti	20-30 minuti	6 ore
Rigenerabilità	Non riutilizzabili	2 ore a 220°C	5 minuti a 100°C	Non riutilizzabili
Reperibilità	Reperibile presso produttori	Reperibile presso produttori	Autoproducibile	Autoproducibile
Costo	5 €/kg	30 €/kg	5 €/kg	5 €/kg
Modalità di attivazione	Reagisce con acqua	Reagisce con acqua	Agitando con forza la sostanza	Per esposizione all'aria
Pericolosità	Non pericolosa se isolata	Polvere pericolosa se inalata	Sicuro	Sicuro
Impatto ambientale di produzione	Produzione di CO ₂ durante cottura	Processi energivori e impattanti	Facile da produrre	Facile da produrre
Impatto ambientale di dismissione	Compensazione di CO ₂ per carbonatazione	Alto se non rigenerata	Riutilizzabile molte volte	Molti componenti non separabili

4

**Quale
alternativa
scegliere**



4.1 Comparare le alternative

Dopo aver presentato i sistemi chimici di stoccaggio termico nel paragrafo precedente è giunto il momento di compararli sulla base di specifiche categorie, in modo da ottenere un quadro completo dei vantaggi e degli svantaggi e definire delle possibili applicazioni.

L'utilizzo del metodo del benchmarking è stato scelto come strumento di comparazione dei sistemi. Sono state definite delle voci di comparazione riferite a quattro tipologie di utenza, che sono:

Utenza d'uso

Utenza ambiente
Utenza di gestione
Utenza di produzione

A ogni voce verrà attribuito un punteggio diverso a seconda che si tratti di un requisito di base, un requisito prestazionale o un cosiddetto "delight". Nonostante questo sistema a punti preveda una classifica, per noi non sarà importante verificare chi ha il punteggio più alto, quanto piuttosto comprendere la risposta dei sistemi alle varie voci.

4.1.1 Le voci di comparazione

UTENZA D'USO

1.1 Ergonomia di attivazione della reazione		
DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ La reazione esotermica avviene in modo semplice e con procedure poco complesse?	Requisito di base	0,3

1.2 Sicurezza d'uso		
DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ la sostanza può avere effetti nocivi sull'uomo?	Requisito di base	0,3

1.3 Ergonomia di stoccaggio contenuto		
DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ le prestazioni sono garantite prevenendo una quantità di sostanza ridotta per facilitare il trasposto?	Requisito di base	0,3

1.4 Ergonomia di peso		
DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ il peso della sostanza risulta oneroso?	Requisito di base	0,3

1.5 Ergonomia di stoccaggio in sicurezza		
DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ il sistema si mantiene inattivo fino a che non si decide volontariamente di far avvenire la reazione?	Requisito di base	0,3

1.6 Ergonomia di funzionamento alle basse temperature		
DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ il sistema mantiene le sue prestazioni anche nel caso di temperature molto basse?	Requisito di base	0,3

1.7 Ergonomia di dismissione in sicurezza

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ una volta terminato l'effetto della reazione, la dismissione dei componenti avviene senza effetti nocivi?	Requisito di base	0,3

1.8 Durata dell'erogazione maggiore di 30 minuti

TIPOLOGIA	valore
DELIGHT	3

1.9 Produzione di temperatura oltre i 70°C

TIPOLOGIA	valore
DELIGHT	3

UTENZA AMBIENTE

2.1 Produzione di calore senza combustione

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ la produzione di calore non genera emissioni nocive per l'ambiente?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

2.2 Basso costo energetico di rigenerazione

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ la reazione risulta reversibile spendendo poca energia?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

2.3 Riutilizzo per più cicli

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ la reversibilità della reazione è garantita per più cicli?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

2.4 Monomatericità

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ La reazione impiega più di un componente?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

2.5 Separazione agevole dei componenti

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ una volta avvenuta la reazione posso agevolmente separare i composti chimici dall'eventuale contenitore?	Requisito di base	0,3

2.6 Impiego materiali a basso impatto ambientale

TIPOLOGIA	valore
DELIGHT	3

UTENZA DI PRODUZIONE

3.1 Componenti facilmente reperibili sul mercato

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ i componenti si possono trovare facilmente sul mercato o sono venduti solo a professionisti del settore?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

3.2 Economia di produzione

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ i componenti necessari alla reazione hanno un basso costo?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

3.3 Ridotto numero di componenti

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ la reazione non richiede troppi componenti?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

3.4 Possibilità di autoproduzione in casa

TIPOLOGIA	valore
DELIGHT	3

UTENZA DI GESTIONE

4.1 Facile pulizia ad avvenuta reazione

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ la reazione non lascia residui difficili da eliminare una volta terminata?	Requisito di base	0,3

4.2 Facile processo di ricarica

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ è possibile ricaricare il prodotto con nuovi reagenti in modo semplice ed intuitivo?	Requisito di base	0,3

4.3 Mantenimento dei componenti se inutilizzati (da 8 mesi ad 1 anno)

DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
■ i materiali mantengono le loro caratteristiche se inutilizzati, fino alla prossima stagione?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

4.4 Mantenimento dell'integrità dei componenti per più cicli di reazione

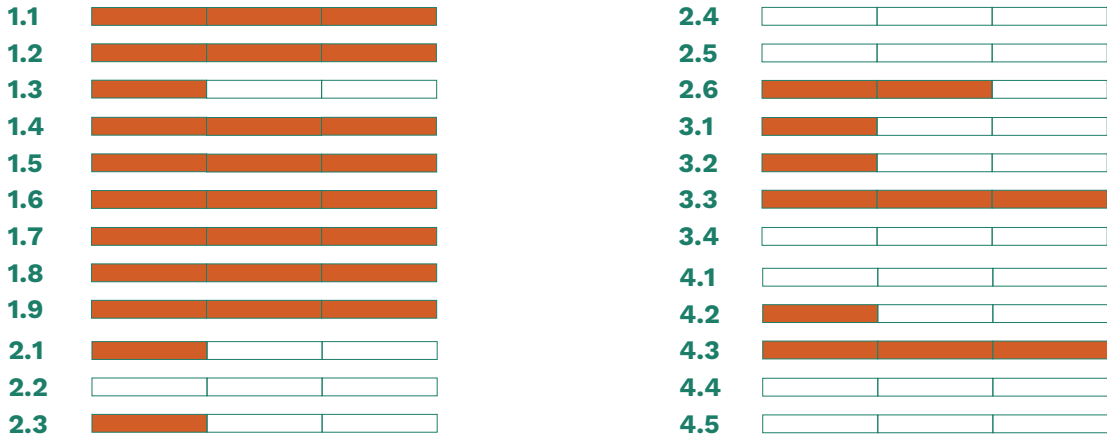
DOMANDA	TIPOLOGIA	valore
il sistema si mantiene dopo più cicli di reazione?	Requisito prestazionale	0,1,2,3

4.5 Facile rigenerazione della reazione

TIPOLOGIA	valore
DELIGHT	3

4.1.2 Esito del benchmarking

TOTALE
37



TOTALE
47



TOTALE
39





4.1.3 Definire un’applicazione

Il benchmarking ha permesso di analizzare i sistemi chimici di stoccaggio di calore studiati sotto molteplici punti di vista. Da questa comparazione possiamo trarre delle conclusioni utili a indirizzare ogni sistema a un’applicazione specifica. Tra quelle ipotizzate vi sono:

- il riscaldamento del corpo umano*
- il riscaldamento di piccoli ambienti*
- il riscaldamento degli alimenti*

Il primo parametro di comparazione è la sicurezza d’uso. Sia il sodio acetato che l’ossidazione dei metalli e la zeolite risultano sicuri per l’uomo, in

quanto non sono costituiti da composti nocivi. Tuttavia, è necessario prendere delle precauzioni nei confronti della zeolite, in modo da evitare la formazione di polveri, cosa che può essere dannosa per le vie respiratorie, come per molti altri composti, se inalate. Al contrario, l’ossido di calcio è un composto altamente reattivo e perciò pericoloso. Tuttavia, come detto in precedenza, esiste la possibilità d’isolarlo dall’ambiente esterno, maneggiandolo in un sacchetto idrofilo, realizzabile con della carta o altri materiali, rendendo possibile il suo utilizzo in sicurezza. Questo sistema è alla base dei sacchetti auto-riscaldanti a ossido di calcio in commercio.

Infine, esiste il pericolo derivante dall’adoperare sostanze che raggiungono temperature elevate, un problema comune a tutti i sistemi, che perciò va considerato in fase di progettazione.

Una prima destinazione d’uso può essere definita analizzando l’efficienza dei sistemi. Per quelli che non superano i 60°C di temperatura risulta impossibile pensare a una loro applicazione al di fuori del riscaldamento del corpo umano. Per quanto riguarda la zeolite, non avendo ottenuto dei dati che confermassero la produzione di temperature più alte dei 50°C, anche essa può essere impiegata per il riscaldamento del corpo. Al contrario, la calce viva, risulta estremamente efficiente, infatti con solo 120 g di prodotto si riescono a ottenere fino a 100°C, temperatura tale da consentire anche la cottura di alcuni alimenti.

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale dei sistemi, essi possono essere suddivisi in due categorie: quelli usa e getta e quelli rigenerabili. L’ossidazione dei metalli e la calce viva fanno parte della prima categoria, mentre la zeolite e il sodio acetato supersaturo della seconda. Per ciascuna categoria, esistono delle sfaccettature da considerare. Negli scaldini a ossidazione dei metalli sono presenti molti più componenti rispetto ai sistemi a ossido di calcio, i quali possono essere considerati monomaterici, prendendo in esame il reagente. Inoltre, il sottoprodotto della reazione dell’ossido di calcio, come definito nel capitolo 3 durante la definizione del ciclo della calce, è l’idrossido di calcio. Questo composto, oltre a essere innocuo per l’uomo, una volta a contatto con l’aria, se in soluzione acquosa, solidifica nel carbonato di calcio. Durante il processo, la calce spenta sottrae anidride carbonica dall’atmosfera. Dunque,

l’utilizzo di ossido di calcio, oltre a fornire calore senza combustione, se avviato a processi di carbonatazione, consente di sottrarre la quantità di anidride carbonica rilasciata in atmosfera durante la sua formazione.

Per quanto riguarda i sistemi rigenerabili, bisogna fare ulteriori considerazioni. In primo luogo, il sodio acetato supersaturo necessita di molta meno energia della zeolite, nonostante, sempre riferendosi alle nostre sperimentazioni, la temperatura fornita e le durate della reazione siano molto simili. La zeolite, infatti, necessita diverse ore a temperature elevate per ripristinarsi, condizioni che sono irriproducibili durante un’escursione. Allo stesso modo, risulta controproducente spendere energia per portare a ebollizione dell’acqua così da rigenerare il sodio acetato, visto che tale processo potrebbe essere fatto solo con sistemi a fiamma. Dunque, la rigenerabilità non risulta un vantaggio, poiché impossibile da realizzare in escursione. Infine, se non rigenerata, la zeolite esausta va portata con sé durante il tragitto, poiché non può essere smaltita in sicurezza nella raccolta indifferenziata, diventando quindi una zavorra in più.

La comparazione ha permesso di definire tutti gli elementi necessari per prendere delle decisioni progettuali. A causa della grande quantità di energia richiesta per riscaldare piccoli ambienti, come una tenda ad esempio, ci si è accorti che nessun sistema potrebbe essere utile. Inoltre, il sistema più efficiente, quello a calce viva, produce grandi quantità di vapore acqueo che si traduce in un aumento dell’umidità della tenda, cosa da evitare come già descritto nel capitolo due. Per quanto riguarda il riscaldamento del corpo umano, sia il sodio acetato che l’ossidazione dei metalli risultano efficaci.

Tuttavia, il secondo sistema è da preferire, in quanto capace di fornire più calore per più tempo. Infine, l'ossido di calcio, in termini di temperatura di esercizio, risulta efficace sia nel riscaldare il corpo umano che nel riscaldare gli alimenti. Purtroppo, il sistema necessita di molta acqua per attivarsi, il che risulta sconveniente se l'applicazione prevede un contatto diretto con il corpo umano. Quindi l'applicazione migliore per l'ossido di calcio risulta essere riscaldare gli alimenti.

Da questa analisi, è stato in realtà confermato che i sistemi ad ossidazione dei metalli e il sodio acetato supersaturo, risultino efficaci per applicazioni già presenti in commercio. Dunque affrontare un progetto in questa direzione non apporterebbe grosse innovazioni.

Per quanto riguarda la zeolite, il problema della rigenerazione, unito agli scarsi risultati ottenuti dalle sperimentazioni, sanciscono la sua inefficacia, dunque neanche questa strada verrà perseguita. Al contrario il sistema a ossido di calcio risulta molto interessante. Sebbene esistano già in commercio dei prodotti auto-riscaldanti a base di ossido di calcio, non esistono delle applicazioni specifiche per l'ambito escursionistico che consentano di riscaldare o cucinare alimenti, ma senza fiamma e tenendo a mente le logiche salva spazio necessarie. Il sistema a ossido di calcio per riscaldare gli alimenti sarà la strada che perseguiremo per la realizzazione del progetto.

Di seguito, verrà riportata una tabella che pone a confronto i sistemi a fiamma con il sistema ad ossido di calcio.

	SISTEMI A CALCE VIVA	SISTEMI A FIAMMA	SISTEMI A BATTERIA	SOLARCOOCKING	ZEOCOOCKING
Temperatura massima	100°C	300°C	50°C	200°C	110°C
Pericolosità per l'utenza	Non pericoloso isolando la calce	Rischio di incendi	Nessuna	Nessuna	Nessuna
Velocità di attivazione	Un minuto per l'attivazione	Istantanei	Istantanei	Minimo 15-20 min per l'attivazione	Istantaneo
Fonte di energia	Calce e acqua	Combustibili vari	Batteria al litio	Energia solare	Zeolite e acqua
Reperibilità energia in escursione	Scorta personale	Scorta personale	Scorta personale	Reperibile in sito	Scorta personale
Cottura alimenti	Cibi per il trekking	Cibi per il trekking	Nessuno	Tutti gli alimenti	Tutti gli alimenti sottovuoto
Influenza del meteo	Immune	Molto forte	Immune	Molto forte	Immune
Ingombro e peso	Trasportabile nello zaino	Trasportabile nello zaino	Trasportabile nello zaino	Non portatile in escursione	Trasportabile nello zaino
Impatto ambientale	Smaltimento della calce	CO2 della combustione	Nessuna emissione	Nessuna emissione	Smaltimento della zeolite

5

Concept design



5.1 Dallo scenario al concept

5.1.1 Tipologie dell'utenza

Escursionista ABITUALE

L'escursionista abituale percorre molti chilometri all'anno a piedi. Spesso si cimenta in prove ostiche, per sfidare i suoi limiti. Si muove spesso da solo, per essere più veloce. La mobilità è tutto, dunque necessita di ridurre i pesi, i volumi e di un sistema di riscaldamento degli alimenti rapido.



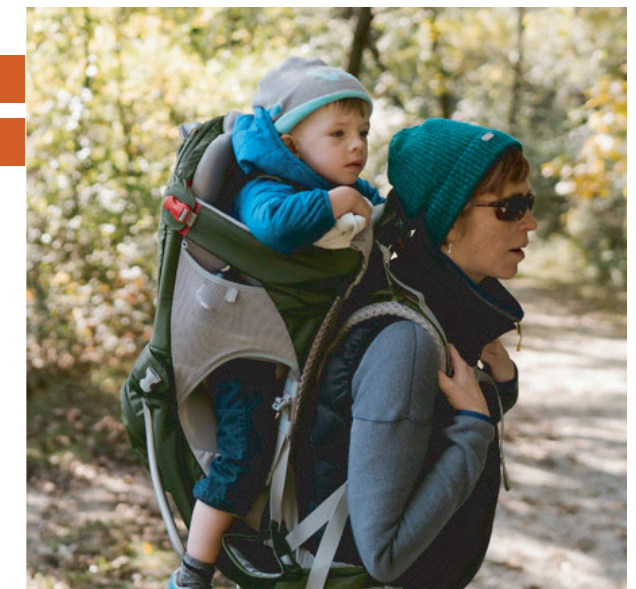
Escursionista OCCASIONALE



L'escursionista occasionale non viaggia mai da solo, ma almeno in coppia. Se non si è esperti, è più sicuro essere in tanti. Per lui, il pasto è più di un momento per recuperare le forze, ma un'occasione di convivialità, in cui la condivisione è alla base dell'esperienza. La mobilità è certamente importante, ma non tanto quanto il comfort dato dai cibi caldi come una minestra in una scodella, da cucinare per sé e per gli amici.

Escursionista GENITORE

L'escursionista genitore ama che anche i membri della sua famiglia prendano parte al viaggio nella natura. Tuttavia, i bambini, soprattutto se molto piccoli, hanno necessità diverse dagli adulti. Il cibo, che sia del latte o una minestra, va somministrato caldo. Per questa categoria, è necessario un sistema di riscaldamento sempre pronto all'uso ed efficace.



5.1.2 Mangiare durante l'escursione

Il cibo, oltre che principale fonte di energia, rappresenta da sempre un simbolo di condivisione. Pasteggiare con gli amici è un momento di convivialità dove insieme si supera il concetto di cibo inteso come sopravvivenza e si presta attenzione alle sfaccettature del gusto e dell'olfatto delle diverse pietanze, si intavolano discussioni e si vive un momento di allegria. Tuttavia, per un buon banchetto, servono anche del buon cibo e una buona cucina, condizioni che non sempre si hanno durante un'escursione. Per comprendere come migliorare l'esperienza legata al mangiare nel bel mezzo di un'uscita nella natura, risulta necessario comprendere come gli escursionisti organizzano i propri pasti per il viaggio.

Oggigiorno, il metodo più impiegato per la cottura degli alimenti in escursione è quella dei fornelli portatili. Di questi sistemi abbiamo ampiamente discusso in precedenza, sia riguardo alle loro caratteristiche tecniche sia riguardo ai loro problemi. La tendenza degli escursionisti è quella di non cucinare nei viaggi di breve durata, ma di consumare pasti freddi già pronti. In particolare, per escursioni della durata di due giorni, la maggior parte degli escursionisti propendono per pasti già pronti da consumare freddi, così da lasciare il fornello a casa. Per gite da tre giorni si decide se cucinare o meno sul posto valutando variabili come il meteo, il numero di persone e la reperibilità di acqua sul percorso. Infatti, se il clima che caratterizza la gita è molto freddo, sarà necessario consumare un maggior numero di pasti caldi. Se il gruppo è cospicuo il peso delle attrezzature per cucinare potrà essere suddiviso tra i compagni, rendendone più agevole il

trasporto. Infine, meno punti di accesso all'acqua ci sono lungo il tragitto, maggiore sarà la quantità d'acqua che bisogna portarsi da casa. Per le escursioni di lunga durata, risulta complesso partire senza una fonte di calore. Mangiare sempre pasti freddi non fa bene all'umore. Inoltre, i cibi freschi non si mantengono per più di un paio di giorni. Quelli secchi come barrette, frutta secca o snack, oltre a risultare noiosi a lungo andare, non consentono un'alimentazione equilibrata, il che inficia sul recupero delle forze nel lungo periodo.

I cibi più consumati durante un'escursione si possono suddividere in base al tipo di pasto da effettuare. Normalmente, un escursionista impiega molte energie durante la giornata, quindi è buona norma fare un numero di pasti consono all'apporto calorico necessario. La tendenza è quella di fare una colazione consistente, ma non abbondante, seguita da un primo spuntino a metà mattinata, per arrivare a stomaco vuoto a pranzo. Questo, di norma non è troppo sostanzioso, sia per non appesantirsi, sia per questioni di tempo. A metà pomeriggio è bene fare un ultimo spuntino, che accompagnerà l'escursionista fino a cena, il pasto più importante della giornata. Prima di andare a dormire, come già detto nel capitolo 2, bisogna fare una cena sostanziosa, per recuperare meglio le forze e prolungare la digestione, così da riscaldarsi meglio grazie al calore del corpo.⁵⁰

COLAZIONE



A colazione, una bevanda calda, come tè, caffè o latte, dona un risveglio sicuramente più piacevole. A questa si possono accompagnare dei biscotti.

PRANZO



A pranzo, se il tempo lo consente si può preparare un pasto caldo, altrimenti del pane accompagnato da insaccati e formaggi stagionati, che si conservano a lungo, dona un buon apporto calorico.

SPUNTINI



Lo spuntino è un pasto altamente energetico e facile da consumare, anche camminando. Barrette energetiche e frutta secca si conservano a lungo e risultano adatte.

CENA



Una volta arrivata la cena, il tempo non mancherà. Questo è il momento di preparare qualcosa di caldo e sostanzioso, come un piatto di pasta, del riso, o una buona minestra.

Tra i pasti caldi maggiormente consumati non esiste una grande varietà, a causa delle difficoltà di preparazione di alimenti troppo complicati in contesti nomadi. Le discriminanti che definiscono gli alimenti adatti all'escursione hanno a che fare da un lato con il metabolismo, da un altro con la semplicità di realizzazione e con l'ingombro.

Innanzitutto, durante un'escursione è bene non consumare cibi completamente liquidi come zuppe e brodi, poiché difficili da digerire, a causa del peso del liquido sullo stomaco. Inoltre, va considerato il problema dei contenitori. Le confezioni degli alimenti non possono essere smaltite in natura, ma vanno portate con sé durante il viaggio e gettate responsabilmente. In questo senso, i contenitori rigidi saranno certamente più ingombranti di quelli a sacchetto, da preferire. I carboidrati come pasta, riso e cous cous sono molto utili in escursione, poiché facili da preparare e versatili (possono essere preparati in molteplici modi). Allo stesso modo, le buste contenenti minestre o altri pasti semi-solidi già pronti, facilmente reperibili al supermercato, risultano gustose, agili da preparare perché solo da riscaldare e nutrienti. Un altro modo intelligente di mangiare cibi caldi deriva dall'impiego della tecnica del sottovuoto. Alimenti di varia natura, dai carboidrati come i risotti alle proteine come la carne, possono essere preparati preventivamente a casa e racchiusi in buste sottovuoto per agevolarne la conservazione. Arrivata l'ora del pasto questi possono essere riscaldati in un pentolino di acqua bollente, ottima per trasferire il calore. Una volta caldi ed estratti dal sacchetto sottovuoto, possono essere gustati. Infine, grande attenzione va data alle uova, fragili, ma possono essere cotte molto velocemente a temperature al di sotto dei 70°C.⁵¹



Busta di minestra pronta da riscaldare



Preparazione di alimenti sottovuoto

5.1.3 Linee guida di progetto

Le diverse tipologie di utenza hanno evidenziato bisogni specifici da tenere in considerazione nella progettazione di attrezzatura tecnica per escursioni. Come definito nei capitoli precedenti, il mondo escursionistico pone i viaggiatori in situazioni scomode, lontane dalla comfort zone, alle quali è necessario rispondere con prodotti versatili, dinamici, che integrino soluzioni intelligenti e flessibili per adattarsi alle diverse condizioni ambientali, che cambiano in maniera repentina. Questo è il caso di oggetti come i bastoni da trekking, resi telescopici o smontabili in modo da diminuire il volume quando non in uso, delle borse d'acqua, che vanno a sostituire le normali bottiglie e offrono la possibilità di bere senza essere estratte dallo zaino grazie alla cannuccia, ma anche degli zaini, che adesso permettono di trasportare ingenti quantità di attrezzatura in modo organizzato grazie alle diverse tasche, stabilmente grazie all'utilizzo di strutture rigide per la schiena e di cinghie regolabili. Infine l'impiego di materiali solidi ma flessibili e dalle elevate proprietà termiche e meccaniche, come il silicone, ha permesso di rendere totalmente compattabili oggetti che prima erano realizzati con volumi e materiali incompressibili, come i bicchieri, le pentole, i portapranzo e altri ancora. La logica salva spazio risulta quindi dominante in contesto escursionistico, raggiungibile in diversi modi, che vanno dalla compattabilità, alla riduzione degli spazi. Altro elemento da considerare è il peso che si ripercuote sempre sulle spalle dell'utente. Come si può vedere nell'immagine, la quantità di attrezzatura necessaria per il trekking è importante. Ridurre il peso degli oggetti al minimo è necessario per limitare da un lato che ci si stanchi troppo velocemente



L'attrezzatura essenziale per un escursionista

durante la giornata, dall'altro per evitare la comparsa di dolori, difficilmente curabili mentre si è in cammino e che potrebbero compromettere l'escursione stessa. Dunque, l'impiego di materiali leggeri risulta fondamentale. Altro aspetto fondamentale da considerare è la sicurezza. Le alte temperature raggiunte dalla calce viva costituiscono un pericolo per l'utente, che dev'essere correttamente informato e guidato in ogni fase del processo di produzione di calore, dalla fase di attivazione a quella di spegnimento e stoccaggio del prodotto per la cottura, in modo da limitare il più possibile la probabilità di ustione. Grande importanza va data allo studio delle modalità di utilizzo. Il sistema dev'essere affidabile, dunque non deve presentarsi il rischio di non riuscire a riscaldare correttamente gli alimenti, cosa molto importante per l'escursionista genitore, che deve pensare a fornire piatti caldi al bambino. Allo stesso modo, il sistema deve garantire la massi-



Bicchieri compattabili in silicone



Bicchieri compattabili in alluminio

ma rapidità di riscaldamento. Durante la giornata i chilometri da percorrere per l'escursionista abituale sono tanti, quindi il corretto utilizzo del tempo risulta fondamentale per completare gli obiettivi entro la sera. L'attesa del riscaldamento del cibo si trasforma in tempo perso per questa utenza, dunque è fondamentale essere celeri. Sia l'affidabilità che la rapidità, si risolvono con una corretta progettazione dell'isolamento termico della reazione. L'attivazione del reagente a calce viva è sempre garantita, ma dal corretto utilizzo del calore prodotto dipende l'efficienza di tutto il sistema. Infine, l'ultimo aspetto da considerare è la qualità dei cibi da preparare. La forma e le caratteristiche tecniche dell'oggetto devono essere studiate in modo da riscaldare tutte le tipologie di cibi da escursione evidenziate nel paragrafo precedente. Questo è un aspetto fondamentale sia per allinearsi con la concorrenza dei sistemi comparabili descritti in precedenza, sia per ottenere la soddisfazione dell'ultima utenza, ovvero l'escursionista occasionale, per il quale il pasto gradevole e condivisibile è un

aspetto basilare dell'intera esperienza escursionistica.

Da questa analisi dell'utenza è possibile definire le linee guida utili alla stesura di un concept efficace e consapevole:

1. **Riduzione di pesi e volumi** in continuità con la logica salva spazio che caratterizza l'attrezzatura tecnica per le escursioni.
2. **Sicurezza di utilizzo** in ogni fase in cui viene adoperato il prodotto, per sfruttare al meglio le proprietà di una reazione esotermica che può risultare pericolosa se mal gestita.
3. **Efficienza e rapidità** nel riscaldare gli alimenti, per poter sempre contare sul prodotto e limitare al minimo la perdita di tempo.
4. **Qualità del cibo** per accontentare anche chi non rinuncia al gusto e vede il pasto come un momento di convivialità e condivisione.

5.2 Sistema esigenziale

In questo paragrafo verranno prese in considerazione le esigenze emerse dalla fase di ricerca adattando il tutto alle linee guida di progetto precedentemente esposte. Le esigenze saranno raggruppate nelle seguenti categorie:

Sicurezza e benessere;
Uso e interazione;
Espressività;
Gestione;
Produzione;
Ambiente.

5.2.1 Sicurezza e benessere

ESIGENZA

EVITARE L'ATTIVAZIONE SPONTANEA DEL REAGENTE

REQUISITI

- Evitare il contatto tra il reagente e l'acqua (compresa l'umidità dell'aria)
- Evitare la fuoriuscita involontaria dell'acqua di reazione durante la reazione

PRESTAZIONI

- Conservare il reagente in ambiente stagno
- Utilizzo di materiali a tenuta stagna come il silicone

ESIGENZA

EVITARE IL CONTATTO TRA PELLE E REAGENTE

REQUISITI

- Assicurare l'attivazione del reagente evitando il contatto diretto

PRESTAZIONI

- Contenere il reagente in packaging isolato ermeticamente

- Evitare la formazione di polveri inalabili

- Packaging del reagente in tessuto TNT permeabile all'acqua ma con porosità tale da non far fuoriuscire la sostanza

- Evitare il contatto diretto prima dell'attivazione

- Packaging del sistema reagente in polipropilene resistente alla degradazione in fase di trasporto

- Evitare il contatto diretto durante il ricambio del reagente

- Tessuto TNT resistente alle alte temperature
- Tessuto TNT elastico che non si rompe per deformazione dovuta all'aumento di volume del reagente
- Packaging resistente dopo l'utilizzo per evitare la dispersione del reagente

ESIGENZA

CORRETTO DEFLUSSO DEI GAS IN FASE DI ATTIVAZIONE

REQUISITI

- Evitare l'accumulo di gas interno

PRESTAZIONI

- Fori di sfiato del gas di reazione presenti sul coperchio del prodotto

- Evitare il contatto tra i gas di reazione e l'alimento

- Separazione della camera di combustione da quella di cottura
- Utilizzo di un coperchio per la camera di cottura

ESIGENZA

LIMITARE IL PERICOLO DI USTIONE

REQUISITI

- Evitare il contatto tra l'utente e il reagente durante la reazione

PRESTAZIONI

- Packaging corredato di istruzioni chiare su come attivare in modo sicuro il reagente
- Coperchio della camera di cottura apribile solo tramite supporto esterno isolante

- Evitare il contatto diretto tra l'utente e l'acqua calda

- Utilizzo di materiali isolanti come il silicone tra contenitore del liquido e utente
- Utilizzo di elemento verniciato con vernice termocromica che indica la temperatura interna

- Evitare il ribaltamento del sistema e la dispersione di materiale bollente durante l'utilizzo

- Struttura di supporto in acciaio e PVC
- Basamento del prodotto in silicone per aumentare l'aderenza alle superfici
- Basamento di larghezza minima 20cmx20cm per garantire la stabilità del prodotto

- Evitare il contatto diretto tra l'utente e i gas bollenti in fuoriuscita

- Corretta segnalazione visiva dei fori di sfiato
- Posizionamento strategico della valvola di sfiato lontana dalle mani dell'utente durante l'utilizzo

5.2.2 Uso e interazione

ESIGENZA

ERGONOMIA DI TRASPORTO

REQUISITI

- Dimensioni ridotte per un facile trasporto all'interno dello zaino

PRESTAZIONI

- Utilizzo di materiali flessibili per garantire la compattazione come il silicone

- Possibilità di contenere al suo interno tutto il necessario per cucinare e mangiare

- Studio di forme e spazi per contenere reagente e accessori (es: forchetta) all'interno di un volume massimo di 22x22x6 cm

- Peso contenuto per un facile trasporto

- Ricariche di reagente con peso variabile: per riscaldare cibi solidi, semisolidi o sottovuoto in acqua max 120 g, per riscaldare bevande max 60 g
- Peso massimo totale non superiore a 1,5 Kg

ESIGENZA

ERGONOMIA DI DISMISSIONE DEGLI SCARTI

REQUISITI

- Corretta comprensione dei metodi di dismissione dei reagenti

PRESTAZIONI

- Istruzioni di dismissione chiare e ben visibili

- Possibile riutilizzo dei reagenti

-Il reagente, a reazione terminata, gonfia e solidifica, prendendo la forma di un "sasso della memoria", corredato di un foro per appenderlo con moschettone allo zaino

ESIGENZA

ERGONOMIA DI PREPARAZIONE

REQUISITI

- Corretta ricarica e attivazione del reagente

PRESTAZIONI

-Istruzioni chiare riportate sul packaging del reagente che esplicitano la posizione del reagente nel sistema, la quantità d'acqua da utilizzare e come attivare la reazione

- Corretto refill dell'acqua di reazione

-Utilizzo di un foro per il riempimento di acqua della camera di reazione

ESIGENZA

ERGONOMIA DI FRUIZIONE DEGLI ALIMENTI

REQUISITI

- Evitare la fuoriuscita degli alimenti durante la cottura

PRESTAZIONI

-Segnalazione del livello dell'acqua necessaria

-Utilizzo di un coperchio

- Scolare l'acqua di cottura evitandone la fuoriuscita accidentale

-Utilizzo di coperture forate per i coperchi del pentolino di cottura

ESIGENZA

CONDIVISIONE

REQUISITI

- Possibilità di utilizzo di un singolo device per la preparazione di pasti per più utenti

PRESTAZIONI

- Capacità del pentolino di cottura minimo di 1,5 litri

5.2.3 Produzione

ESIGENZA

PRODUZIONE MODULARE

REQUISITI

- Componenti reperibili sul mercato

PRESTAZIONI

- Reagente realizzato in ossido di calcio in contenuto in tessuto TNT
- Pentolino in alluminio riciclato

5.2.4 Ambiente

ESIGENZA

MATERIALI DI COSTRUZIONE A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

REQUISITI

- Componenti realizzati con materiali a basso impatto ambientale

PRESTAZIONI

- Utilizzo materiali metallici di riciclo
- Utilizzo di silicone resistente e duraturo

- Riutilizzo degli scarti del reagente

-Reagente esausto riutilizzabile come “sasso della memoria”

- Reagente composto da materiali naturali

- reagente a base di ossido di calcio

- Erogazione di gas non dannosi

-Utilizzo di un packaging in tessuto TNT per il reagente in modo erogare solo vapore acqueo

5.2.5 Gestione

ESIGENZA

PULIZIA

REQUISITI

- Superfici resistenti ai comuni prodotti di pulizia casalinghi (detersivo per piatti)

PRESTAZIONI

-Superfici in silicone

-Materiali resistenti ai detersivi come l'alluminio e il silicone per alimenti

- Facile pulizia dei componenti interni

-Forme impilabili per un facile accesso ad ogni punto del prodotto

-Pentolino con angoli tondi

-Collegamenti dei componeti ad incastro per facilitarne lo smontaggio e la pulizia

ESIGENZA

MANTENERE L'INTEGRITA' DEL DEVICE

REQUISITI

- Evitare i danneggiamenti critici da caduta
- Prolungare la vita dei componenti

PRESTAZIONI

- Utilizzo di materiali deformabili come silicone e PVC
- Utilizzo di metallo malleabile come alluminio
- Utilizzo di silicone come copertura esterna

5.2.6 Espressività

ESIGENZA

CUCINARE ALIMENTI FACILMENTE NUTRIENTI E RISCALDABILI

REQUISITI

- Riscaldare cibi precotti sottovuoto per immersione in acqua bollente; Riscaldare cibi semisolidi già pronti da trasferire in un contenitore; Cucinare cibi a rapida cottura che richiedono poca energia termica (es. uova)

PRESTAZIONI

- Forma a bacino per il contenimento delle tre tipologie di alimenti da riscaldare/cucinare

ESIGENZA

ATTREZZATURA NOMADE

REQUISITI

- Contenimento del peso
- Compattabilità

PRESTAZIONI

- Utilizzo di silicone per le proprietà isolanti termiche
- Utilizzo dell'alluminio per le proprietà di conducibilità termica
- Contenitore alimenti e contenitore ermetico per la reazione separati
- Contenitore ermetico realizzato con struttura collassabile in silicone
- Contenitore per alimenti realizzato con struttura con elementi in alluminio coassiali compattabi

ESIGENZA

EVITARE LO SMARRIMENTO

REQUISITI

- Evitare lo smarrimento accidentale

PRESTAZIONI

- Utilizzo di colori accesi per il corpo principale o per i dettagli

5.3 Il Concept HotPot

Definite le linee guida di progetto e determinato le esigenze del prodotto, è ora possibile procedere con la stesura del concept, che sappia tener conto di tutti gli elementi delineati nella fase di ricerca preliminare sul tema dell'escursione. Verranno descritte le funzionalità richieste, le ipotesi iniziali considerate e quelle scartate in favore di alternative più convincenti. Il concept prevede la progettazione di una pentola auto-riscaldante per diverse tipologie di vivande capace di produrre calore ad alte temperature istanta-

neamente. La tecnologia alla base del sistema è la reazione tra l'ossido di calcio e l'acqua, procedimento altresì noto come spegnimento della calce viva. Ha ricevuto grande attenzione la ricerca di materiali isolanti termici e conduttivi del calore, per il suo mantenimento e trasferimento alle vivande da riscaldare. La forma dell'oggetto ha subito molteplici trasformazioni durante la ricerca della massima compattabilità, come anche lo studio delle dimensioni minime per la fruizione di più utenti.

5.3.1 Il sistema energetico

La progettazione del sistema di erogazione del calore necessita una buona conoscenza dei processi e della chimica dietro al ciclo della calce. Dai nostri studi è emerso che lo spegnimento della calce avviene fornendo una quantità d'acqua pari a un terzo del volume totale della calce. Tuttavia, come definito nel capitolo 3, per uno spegnimento completo è bene utilizzare un volume di acqua pari al 50% del totale di ossido di calcio che deve reagire. Partendo da queste considerazioni, iniziamo a definire le quantità di reagente e di acqua necessarie in funzione delle diverse quantità di calore di cui abbiamo bisogno. Le temperature da raggiungere variano in funzione degli alimenti da scaldare, che sono: le bevande, i cibi a bassa temperatura di cottura, i cibi sottovuoto e i cibi semisolidi già pronti da scaldare e trasferire. In tabella è riportata la quantità di calce per ogni tipologia. Conoscendo le quantità è possibile definire dei packaging

Alimento	T (°C)	Calce (g)	H ₂ O (ml)
bevande	50	40	30
cibi a bassa T	65	60	40
sottovuoto	75	80	50
semisolidi	100	110	60

Tabella riassuntiva di quantità di acqua e calce viva necessarie per la cottura o riscaldamento dei cibi da escursione

differenti per la quantità di reagente che ospitano all'interno e per la temperatura che possono raggiungere. La necessità di fornire il reagente di un suo contenitore nasce da diverse motivazioni. Prima fra tutte vi è la sicurezza dell'utente, che non deve mai entrare in contatto diretto con la

calce viva, per scongiurare il pericolo di ustioni. In secondo luogo, raggruppare la calce in un contenitore, invece di mantenerla sciolta aumenta di molto l'efficienza della produzione del calore. Inoltre, il packaging è necessario per facilitare i processi di pulizia. Se non ci fosse, a fine reazione si formerebbero incrostazioni di calce difficili da eliminare. Infine, la calce dev'essere mantenuta lontano sia dal contatto diretto con l'acqua, che dal contatto con l'umidità dell'aria. Nel primo caso, infatti, si rischierebbe un'attivazione involontaria della reazione, mentre nel secondo caso, l'umidità ridurrebbe l'efficienza della calce, poiché già parzialmente spenta prima della attivazione.

Per la realizzazione del packaging del reagente bisogna prendere in considerazione 2 esigenze che sono:

- 1. il packaging deve essere permeabile all'acqua ma non far fuoriuscire il reagente.
- 2. il packaging dev'essere a tenuta stagna, in modo da non entrare in contatto con l'umidità.

Per risolvere queste due esigenze, che risultano contrapposte, è necessario prevedere l'utilizzo di due packaging che intervengono in due momenti precisi del ciclo di vita del reagente. Un primo packaging abilita al trasporto del reagente conservandolo. Da un lato, mantiene l'integrità del secondo packaging, dall'altro rende stagno l'ambiente interno in cui esso è contenuto. Il secondo packaging mantiene l'ossido di calcio compatto e allo stesso tempo evita il contatto diretto tra l'utente e il reagente, evitandone la dispersione, mantenendosi, però, idrofilo, per attivare la reazione. Per le necessità definite, risulta che il design del

packaging stagno debba essere realizzato in materiale plastico termosaldabile. Visto che la sua unica funzione sarà quella di proteggere il packaging della calce viva dall'umidità, avrà una vita molto breve. Infatti, giunti al momento del pasto, la confezione stagna verrà aperta e successivamente avviata allo smaltimento. Per questo motivo è necessario l'utilizzo di un materiale resistente, che si mantenga integro fino all'utilizzo del reagente, ma allo stesso tempo facilmente riciclabile. Per questo motivo è stato scelto il polipropilene, un materiale ampiamente utilizzato nei packaging alimentari per il confezionamento di merendine, carboidrati e altro ancora. Esso risulta particolarmente facile da termosaldare, così da ottenere una confezione ermetica. Inoltre è possibile lo stampaggio per serigrafia, che rende possibile la personalizzazione del packaging così da inserire le istruzioni e le precauzioni da adottare nell'utilizzo di reagenti a ossido di calcio.⁵²

Per quanto riguarda il packaging della calce viva, considerando le esigenze di permeabilità all'acqua, si ritiene che l'utilizzo di un tessuto TNT permeabile sia la scelta più adatta. Questo materiale permette il filtraggio delle polveri, dunque, risulta ottimo per contenere l'ossido di calcio, garantendo comunque la sua attivazione grazie alla sua idrofilia. Inoltre, essendo facilmente termosaldabile, questo materiale può essere realizzato in diverse forme, consentendo la costruzione di un sacchetto.⁵³ Tuttavia, il problema riscontrato per quanto riguarda l'uso della calce viva è la sua dismissione. Questo materiale, è in particolare il prodotto della sua reazione con l'acqua, l'idrossido di calcio, vanno smaltiti nella raccolta indifferenziata. Sebbene esistano dei tessuti TNT biodegradabili, il problema non è tanto il contenitore ma il contenuto.

Per superare questo punto di debolezza del progetto è stato previsto un secondo utilizzo per il reagente a fine vita. Dalle nostre sperimentazioni si evince che l'ossido di calcio, a reazione terminata, gonfia per via dell'assorbimento di acqua. Sfruttando questo espediente, il reagente può inizialmente assumere una forma piatta, mentre una volta terminata la reazione quest'ultima diventerà più bombata. Si è deciso di sfruttare questo principio per creare quello che può essere definito come "sasso della memoria", ovvero un souvenir dell'esperienza escursionistica da personalizzare, ad esempio, con la data e il luogo della gita, i nomi dei componenti del gruppo o altri elementi a totale discrezione dell'utente. La forma che avrà il souvenir a fine vita sarà quella di un uovo, scelta per due motivazioni principali:



uova di alabastro colorate



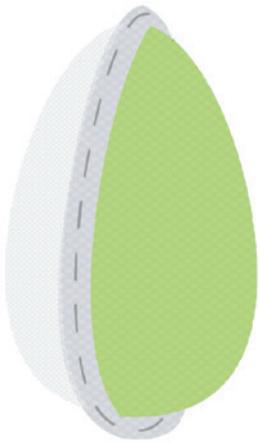
rotoli di tessuto TNT colorato

1. La forma a uovo è la più semplice da replicare sfruttando il rigonfiamento del sacchetto, infatti, è sufficiente tagliare due strati di tessuto TNT secondo una forma ovoidale e termosaldarli insieme. Una volta gonfiato, il sacchetto prenderà la forma di un uovo.

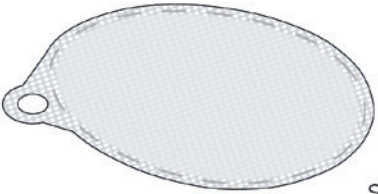
2. Il "sasso della memoria", o meglio, "uovo della memoria", può essere tenuto per sé o regalato al compagno. Regalare un uovo è una tradizione antichissima. Civiltà antiche come quella greca e persiana usavano regalarsi uova in primavera, mentre quella egizia celebrava l'equinozio di primavera regalando uova con decorazioni differenti. Il significato principale dell'uovo è quello di rinnovamento della vita, concetto ripreso successivamente dal Cristianesimo, come simbolo della resurrezione di Cristo.⁵⁴

Per le nostre "uova della memoria" verrà progettata una gamma di colori per il tessuto TNT, che garantirà un ulteriore livello di personalizzazione del prodotto finale, contribuendo a creare un legame con l'oggetto, così da limitare al minimo la dismissione del reagente.

L'uovo personalizzabile come seconda vita del reagente



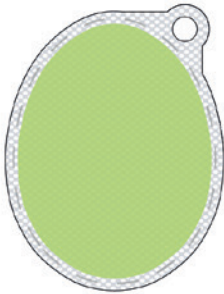
A fine reazione il reagente all'interno del packaging in tessuto TNT gonfia, prendendo la forma di un uovo



Strato di tessuto TNT personalizzabile



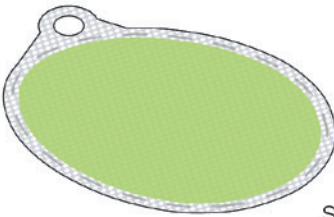
ossido di calcio



La parte colorata rende diverso ogni uovo come lo è ogni escursione



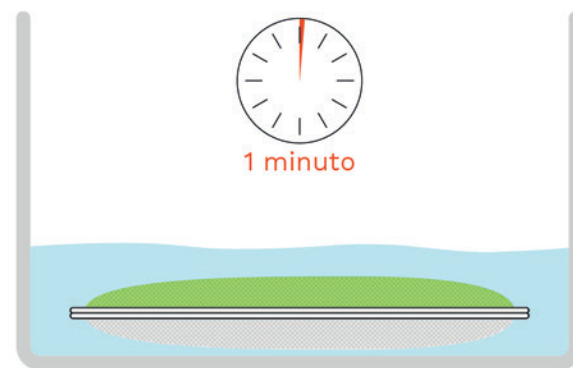
Il lato bianco è personalizzabile con delle scritte che ricordano l'impresa



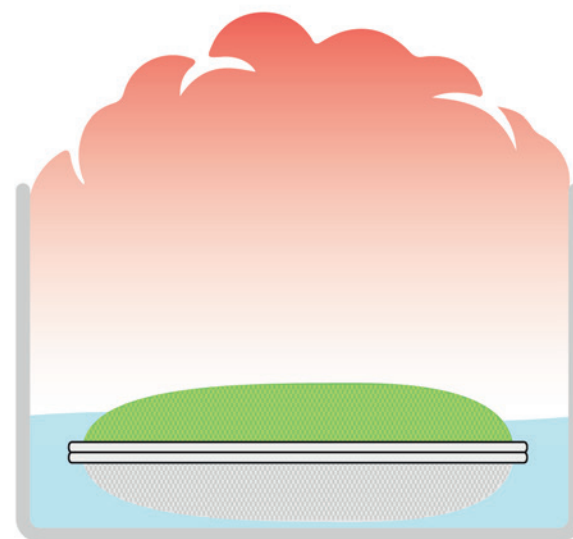
Strato di tessuto TNT colorato



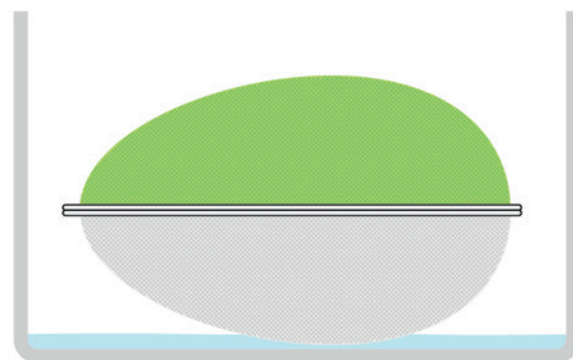
Posiziono il reagente nel contenitore



Verso l'acqua sopra il reagente e attendo 1 minuto per l'inizio della reazione



A reazione attivata, il reagente produce calore e assorbe acqua gonfiandosi. Parte dell'acqua non è assorbita, ma evapora



Alla fine della reazione il reagente gonfiato prende la forma di un uovo

Definito il packaging del reagente risulta ora necessario delineare la modalità di attivazione della reazione. Affinché il cibo possa essere riscaldato senza venire a contatto con i fumi prodotti dalla reazione, che nonostante sia innocuo vapore acqueo possono essere percepiti come dannosi dall'utenza, è necessario prevedere una separazione tra la camera di reazione e quella di cottura degli alimenti. La prima avrà il compito di contenere il reagente, l'acqua di attivazione e mantenere il calore all'interno per convogliarlo alla camera di cottura, nella quale viene posto il cibo da scaldare per conduzione. Detto ciò, sono state ipotizzate due modalità di attivazione della reazione. Da esse dipenderà il design della camera di reazione. Le modalità sono:

1. L'acqua di reazione viene contenuta all'interno del prodotto in un serbatoio da riempire prima di riporre l'oggetto nello zaino. Tramite una valvola il serbatoio rilascia l'acqua direttamente sul reagente, attivando la reazione.

2. L'acqua di reazione viene introdotta nell'oggetto direttamente sul reagente quando necessario tramite una fonte d'acqua esterna all'oggetto.

La prima modalità è stata pensata in relazione alla possibilità di non trovare acqua lungo il tragitto, il che renderebbe inutilizzabile l'intero sistema. Tuttavia, questa strada richiede un numero maggiore di componenti (la valvola e il serbatoio), che rendono più complessa la produzione. Inoltre, un serbatoio pieno significa un volume incompressibile che limita la compattezza finale dell'oggetto stesso. Infine, riferendosi alla tabella delle quantità di reazione, nel peggiore dei casi bisognerà considerare 60 ml di acqua, un bicchiere d'acqua, una quantità esigua di

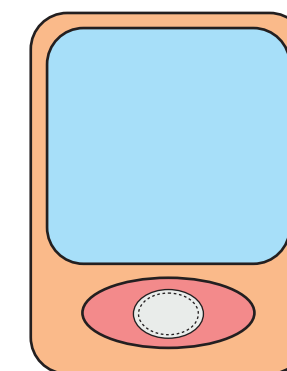
acqua, soprattutto se si è in gruppo. Dunque la modalità scelta è la seconda, che risulta anche migliore dal punto di vista dell'ergonomia di attivazione.

L'ultima cosa da definire è il design della camera di reazione. Anche qui sono state definite due modalità.

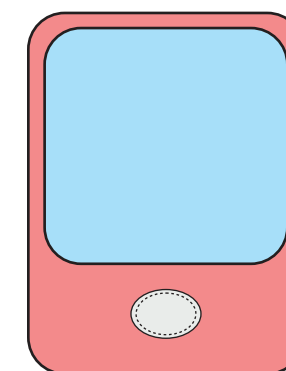
1. La camera di reazione è isolata dalla camera di cottura e dall'isolante e comunica con l'esterno grazie a una valvola per l'aggiunta di acqua, mentre il calore viene convogliato per conduzione alla camera di cottura.

2. Il materiale isolante agisce anche da camera di reazione essendo il contenitore sia del reagente che dell'acqua di reazione.

MODALITÀ 1



MODALITÀ 2



schema dei possibili design della camera di reazione

La prima soluzione è stata pensata in modo da poter utilizzare anche isolanti termici non completamente stagni, visto che la reazione avrebbe preso piede all'interno di un contenitore resistente all'acqua. In questo design, la camera verrebbe costruita con dei fogli di alluminio. Questo materiale, infatti, consentirebbe il passaggio del calore di reazione, sarebbe altamente deformabile per garantire la compattabilità, rimanendo allo stesso tempo stagno. Questi materiali sono facilmente termosaldabili e facili

5.3.2 I materiali

Avendo definito tutti gli aspetti per la corretta attivazione e gestione della reazione dell'ossido di calcio, è necessario definire le modalità di trattenimento del calore per migliorare l'efficienza di riscaldamento del cibo. Infatti, se non si tenesse in considerazione l'isolamento termico, la dispersione del calore impedirebbe categoricamente di riscaldare qualsiasi cibo. Per ottenere un buon isolamento la scelta del materiale risulta fondamentale. L'isolante deve rispettare cinque esigenze fondamentali, che sono:

1. La capacità di resistere alle alte temperature (almeno 120°C, la temperatura massima raggiungibile con i sistemi auto-riscaldanti), ma anche a quelle basse (minimo -20°) perché in base all'ambiente e al periodo di utilizzo del prodotto le temperature esterne possono essere molto rigide.

2. Deve avere una bassa conducibilità termica, così da mantenere il più possibile il calore all'interno, limitando la dispersione.

da lavorare in diversi modi. Tuttavia, questo design abbasserebbe di molto l'efficienza dell'intero prodotto. Visto che il calore prodotto è molto inferiore a quello di una fiamma viva, aggiungere un ulteriore materiale, per quanto altamente conduttivo, tra la reazione e la camera di cottura, a sua volta realizzata con un materiale conduttivo per il contenimento degli alimenti, limiterebbe molto la distribuzione del calore. Per questo motivo la seconda modalità è quella da preferire per il design della camera di reazione.

3. Dev'essere impermeabile all'acqua, perché com'è stato definito nel paragrafo precedente, il materiale isolante farà da contenitore per la stessa camera di reazione e sarà dunque a contatto con l'acqua del reagente.

4. Dev'essere flessibile o malleabile per consentire la compattazione dell'intero oggetto, secondo le logiche salva spazio definite dalle linee guida di progetto.

5. Deve avere un peso ridotto per limitare al minimo il peso finale dell'oggetto.

A causa delle notevoli restrizioni imposte in partenza, molti materiali sono stati scartati. In primo luogo non sono stati considerati tutti i materiali rigidi, il che ci ha permesso di eliminare molte variabili in gioco. Infatti, sono pochi i materiali flessibili isolanti termici. Molte delle soluzioni migliori derivano tutte dal mondo edile. Sebbene esistano materiali di nuova generazione a base di aerogel con prestazioni eccellenti, i loro

costi risultano molto elevati e non giustificabili per le nostre applicazioni.⁵⁵

Esistono, però, delle soluzioni più economiche, alla base delle tecnologie d'isolamento delle borse termiche per alimenti, composte da una schiuma in materiale plastico come il polietilene, racchiuso tra due fogli di alluminio. Questi materiali reggono bene alle alte temperature, essendo progettati per resistere a picchi che arrivano fino a 700°C, e sono dei buoni isolanti, infatti, vengono sistemati tra le mura di casa o vengono avvolti attorno alle stufe per evitare la dispersione del calore e renderle più efficienti. Poiché devono adattarsi a molteplici superfici differenti, sono molto flessibili. Tuttavia, per renderli impermea-



isolante termico a base di aerogel



poliaccoppiati isolanti in alluminio e schiuma

bili bisogna rivestirli con un tessuto sintetico idrofobo, come accade nelle borse termiche. Questo processo complica l'intero progetto, allontanandoci dalla strada della semplicità. Inoltre, sebbene siano flessibili, questi materiali non sono progettati per deformarsi in continuazione, cosa che accadrebbe se si ricerca la compattabilità, dunque, a lungo andare potrebbero rovinarsi, (la lamina di alluminio potrebbe staccarsi dal polietilene espanso), invalidando il prodotto, che senza l'isolante non può funzionare.⁵⁶

Il silicone come isolante

La scelta del silicone deriva dalle sue molteplici proprietà, che lo rendono un materiale molto versatile e perciò adatto a diverse applicazioni. Il silicone, infatti, è impiegato per la produzione di sigillanti, d'isolanti termici ma anche di giocattoli e di cosmetici. Trova spazio nel settore automobilistico, in quello aerospaziale, ma anche nel campo dell'elettronica e dell'alimentare.⁵⁷

La gomma siliconica è un elastomero a base di silicio, secondo solo all'ossigeno per abbondanza sulla crosta terrestre e seguito dall'alluminio. Allo stato naturale il silicio si trova legato all'ossigeno, secondo la formula bruta SiO_2 , composto noto anche come silice. Per ottenere il silicone, la silice deve dapprima essere riscaldata a temperature vertiginose, che arrivano a toccare i 1900°C , così da ottenere il cosiddetto silicio metallico. Questo composto, viene sottoposto a reazione con altri composti per formare il prodotto finale. Il costituente principale del silicone è la lunga catena composta dalla struttura di ossigeno e silicio che prende il nome di legame silossano, alla quale si possono aggiungere in modo controllato dei gruppi funzionali che determinano le varie proprietà dell'elastomero. Rispetto alle gomme di natura organica, i siliconi possiedono una stabilità più elevata sia dal punto di vista chimico che da quello termico e ambientale. Questo è dovuto principalmente alla maggiore forza di legame che intercorre tra il silicio e l'ossigeno, se paragonata a quella Carbonio-Carbonio o Carbonio Ossigeno. Il legame silossano si combina insieme ad altre catene a formare una struttura elicoidale, alla base delle proprietà elastiche del materiale finale, che si



Stampaggio del silicone

mantengono anche a temperature al di sotto degli zero gradi centigradi. Non dipende dalle temperature anche l'elevata resistenza all'acqua, che si ottiene dall'inserimento di gruppi funzionali metilici tra le catene. Avendo definito la chimica dei siliconi, possiamo ora definire le motivazioni per le quali questo materiale è stato scelto come isolante. In primo luogo, il silicone ha un'alta resistenza alle temperature. In casi estremi e per applicazioni che non ci competono, i siliconi possono mantenersi stabili a temperature che vanno tra i -110°C e i $+320^\circ\text{C}$, ma possono resistere, per brevi periodi, anche a picchi di 370°C . Tralasciando questi casi limite, il range di temperature di esercizio dei siliconi va da -60°C a 200°C , che risulta ottimale per la reazione della calce, sia per quanto riguarda le alte temperature interne dovute allo sviluppo del calore, sia nell'eventualità di operare in ambienti dal clima rigido. Oltre alla resistenza al calore, il silicone vanta anche una bassissima conducibilità termica pari a $0,2 \text{ W/mK}$, risultando un ottimo isolante termico.⁵⁸ In secondo luogo, come definito precedentemente, questo materiale è alta-

mente deformabile, infatti permette un allungamento a rottura pari al 480%, risultando dunque elastico e flessibile, caratteristiche necessarie per la compattabilità. Inoltre, l'idrofilia del silicone consente il suo utilizzo come camera di reazione, poiché in grado di contenere l'acqua di reazione, il reagente e garantire un corretto deflusso del vapore. Per le motivazioni appena discusse il silicone risulta il materiale migliore per realizzare l'isolamento termico del prodotto. Oltre a queste caratteristiche il silicone vanta anche elevata resistenza agli agenti atmosferici e all'invecchiamento, come anche delle ottime proprietà di resistenza ai raggi UV.⁵⁹

Queste proprietà secondarie, in realtà risultano fondamentali per l'utilizzo del prodotto in diversi ambienti, dal mare alla montagna, ed è dunque molto adatto per un'escursione. Dal punto di vista della produzione risulta un materiale molto facile da plasmare, sia in forme complesse che in sezioni sottili. Lo spessore minimo delle pareti in silicone tendenzialmente si aggira intorno agli 0,5 mm, un valore estremamente piccolo per un elastomero, perfettamente in linea con gli spessori che l'oggetto richiederà, che andranno dai 2 ai 5 mm.⁶⁰

Infine, è bene spendere alcune parole sulla sostenibilità di questo materiale. Per farlo, citia-



Assortimento di oggetti in silicone per applicazioni alimentari

mo una sintesi dei risultati dello studio "Silicon-Chemistry Carbon Balance, an assessment of greenhouse gas emission and reduction" prodotto dal Global Silicones Council, riguardante la sostenibilità del silicone. In particolare, lo studio sostiene che sostituendo molti degli elastomeri presenti negli oggetti comuni con del silicone, si potrebbero diminuire le emissioni di CO₂. L'impiego massiccio di siliconi permetterebbe di rendere molti prodotti in commercio più efficienti, di migliorare le loro prestazioni o di durare più a lungo, riducendo la loro "carbon footprint". Lo studio ha esaminato l'emissione di gas serra dei siliconi durante l'intero ciclo di vita, dalla loro produzione fino alla dismissione, in Europa, America del Nord e Giappone. Tra i risul-

L'alluminio

Altro aspetto fondamentale per il corretto funzionamento del prodotto è la progettazione della conducibilità. Infatti, esso risulta tanto importante quanto l'isolamento termico, poiché senza una buona conducibilità risulta complesso riscaldare il cibo. Con "studio della conducibilità", ci si riferisce alla progettazione degli ingombri interni e alla ricerca del materiale per la camera di cottura, la quale sarà un recipiente solido, in quanto dovrà contenere gli alimenti riscaldabili in escursione definiti nei paragrafi precedenti, ovvero: bevande, cibi semisolidi, cibi sottovuoto e cibi a bassa temperatura di cottura. Dunque, due aspetti risultano importanti e vanno tenuti in considerazione:

1. La riduzione del volume interno consente di avere un minor volume totale da riscaldare, rendendo più efficiente la conduzione.

ltati dello studio si evince che l'utilizzo di siliconi nei prodotti genera una diminuzione delle emissioni di gas inquinanti pari a 9 volte quella derivante dalla fabbricazione e dismissione dei prodotti migliorati. Dunque, per ogni chilogrammo di CO₂ emessa durante la produzione di silicone, si risparmiano 9 Kg di CO₂ grazie a prodotti più efficienti, performanti e duraturi. Nei paesi sopra citati, il risparmio in termini di emissioni grazie al silicone si attesta intorno a 54 milioni di tonnellate di CO₂, valore equivalente al riscaldamento di 10 milioni di case per un anno. I risultati migliori si otterrebbero utilizzando il silicone nei settori automobilistico, edile e nei pannelli solari.⁶¹

2. Il materiale da impiegare deve avere un'elevata conducibilità termica, ma essere allo stesso tempo molto leggero, per non inficiare troppo sul peso finale dell'oggetto.

Il volume interno dell'oggetto dev'essere ridotto al minimo considerando, da un lato di avere una camera di cottura con capacità minima di 1,5 l, per poter cucinare per almeno 2 o 3 persone, dall'altro lo spazio tra il contenitore e reagente deve essere progettato tenendo conto di quest'ultimo durante la reazione. Una profondità di massimo 15 cm è l'ideale per avere un oggetto compatto ma allo stesso tempo capiente, considerando che la reazione determina un rigonfiamento del reagente da 2 a 5 cm di spessore.

Per quanto riguarda la scelta del materiale viste le necessità si ritiene che l'utilizzo dell'alluminio sia la strada migliore. Infatti, se dovessimo massimizzare la leggerezza, la scelta migliore ricadrebbe su un materiale plastico, ma la conducibilità termica di questi materiali è molto scarsa, infatti, vengono spesso impiegati come isolanti proprio per questo motivo. Perciò, anche il silicone è da scartare, rendendo impossibile la ricerca della monomatericità, in quanto isolamento e conducibilità risultano caratteristiche diametralmente opposte, che però il nostro oggetto richiede. Al contrario, massimizzando la conducibilità termica, risulta necessario concentrarsi sui materiali metallici. La tabella seguente paragona i materiali metallici sulla base della conducibilità termica e della densità.

Metallo	$\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	$\rho [kg/m^3]$
argento	460	10490
rame	390	8930
oro	320	19250
alluminio	290	2750
ottone	111	8430
ferro	80	7874
platino	70	21400
acciaio inox	17	7480

Tabella di comparazione dei metalli, fonte: IUPAC Gold Book

Come si può notare, l'alluminio risulta il materiale con la densità più bassa, e nonostante non abbia la migliore conducibilità, 270 W/mk è un valore sufficientemente alto per le nostre applicazioni. Infatti, questo materiale è spesso impiegato nella produzione di pentole per queste sue caratteristiche.

L'alluminio, nonostante sia il materiale con le caratteristiche utili necessarie per la conduzione del calore, è un materiale rigido, al contrario del silicone, dunque incompressibile. Per risolvere questo problema la camera di reazione può essere costruita con una struttura collassabile realizzata in elementi in alluminio coassiali che si incastrano per attrito ottenendo una tenuta stagna fra gli elementi. Questo sistema è la costruzione alla base dei bicchieri portatili collassabili in alluminio, molto noti in ambito escursionistico. Il design della camera di cottura seguirà questa stessa tecnica costruttiva.



Bicchieri in alluminio con struttura collassabile

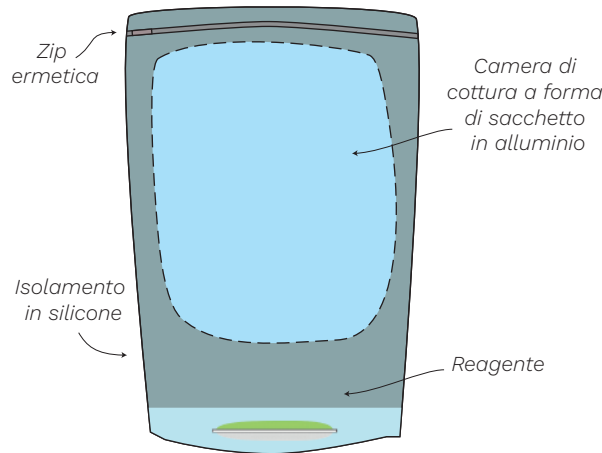
5.3.3 La forma e l'espressività

Avendo definito tutti gli aspetti tecnici relativi al funzionamento, abbiamo ora tutti gli elementi per decidere l'espressività dell'oggetto, secondo il principio della forma che segue la funzione. Avendo già definito nel capitolo precedente la forma della camera di cottura, caratterizzata da elementi in alluminio collassabili, la ricerca formale sarà incentrata sull'espressività dell'isolante in silicone. Perseguendo la strada dell'estrema compattabilità, la prima ipotesi progettuale è stata quella della forma a sacchetto. L'idea è maturata osservando le buste in alluminio dei packaging per alimenti, come quelli degli snack, caratterizzati da una base di appoggio che permette di mantenere l'oggetto in piedi su se stesso e una chiusura ermetica a zip sulla sommità. Questo design ci ha ispirati perché, se non utilizzati, questi sacchetti possono essere compressi su loro stessi diventando sottili come fogli di carta. Il sacchetto, realizzabile in silicone, potrebbe contenere al suo interno la calce, sulla quale si versa l'acqua di reazione.

Tuttavia, la camera di cottura per questo design dovrebbe subire delle modifiche. In particolare, al posto della struttura in elementi di alluminio, sarebbe necessario un design che vanti le stesse proprietà di conducibilità, ma comprimibile come un sacchetto. Per fare ciò la camera di cottura è stata progettata come un vero e proprio sacchetto in alluminio, come quello delle confezioni per alimenti. Il cibo o la bevanda può quindi essere introdotto all'interno del sacchetto, il quale verrà posizionato dentro al sacchetto in silicone in cui è attiva la reazione. Sebbene questo sistema massimizzi la compattabilità,



Sacchetti in alluminio plastificato con chiusura ermetica



Design a secchetto

sono sorte delle difficoltà di fruizione che hanno fatto abbandonare questa strada. In primo luogo, una volta che il cibo è stato scaldato, recuperarlo diventa molto complesso. Infatti, il sacchetto di cottura sarà estremamente caldo, quindi difficile da adoperare a mani nude, condizione in cui si trova l'escursionista. Inoltre, una volta recuperato, sarà difficile sia mangiare dal sacchetto bollente, che scolare il contenuto in un piatto, visto che l'oggetto si deforma molto facilmente e il cibo potrebbe rovesciarsi, non avendo nemmeno una buona presa a causa del calore. In aggiunta, la forma a sacchetto ricorda troppo dei prodotti progettati con un'ottica usa e getta, mentre il nostro prodotto, soprattutto grazie all'impiego del silicone, è fatto per durare a lungo. Per queste ragioni la forma a sacchetto è stata scartata.

Successivamente si è optato per forme più solide, che sfruttassero la struttura originariamente pensata per la camera di cottura, poiché come si è visto, modificandola ne consegue una carenza di praticità nella fruizione degli alimenti. Per avere un punto di partenza, si è optato per una strategia citazionale. Con questo si intende che la forma verrà ispirata da oggetti solidi che hanno a che fare con l'escursione. In tal senso, dopo una fase di ricerca, che in un primo momento si è concentrata su diversi oggetti del passato per dare loro nuovo lustro con un redesign, si sono scelte due famose icone legate all'escursione:

1. La gavetta alpina, il contenitore per alimenti in latta utilizzato, un tempo, dai militari sia come trasportino della razione che come pentola per riscaldare il cibo sul fuoco.



Gavetta sospesa sul fuoco

2. Il “dutch oven”, noto anche come pentola da falò, ovvero, una pentola da posizionare sul falò per la cottura degli alimenti.



Pentola da falò sospesa sul fuoco

Recuperare degli oggetti legati al cibo ha il grande vantaggio di permettere all'utente di riconoscere subito la funzione di un prodotto nuovo e mai visto prima.

La gavetta è stata scelta perché sin da subito la forma iconica e particolare ci ha colpito. La forma semiellittica deriva dalla necessità di trasportarla ai lati degli zaini militari. La gavetta, che dal 1930 è realizzata per stampaggio dell'alluminio, si mantiene pressoché invariata in termini formali dagli inizi del 1900. La gavetta è composta da un corpo principale, nel quale scaldare il cibo direttamente sul fuoco, da un coperchio che viene anche utilizzato come piattino e un manico per la sospensione della gavetta su una fonte di calore. Una curiosità di questo oggetto è che molti reperti sono pervenuti con dei fori sulla sommità per la fuoriuscita del vapore. Anche il nostro oggetto presenta la stessa necessità. La scelta di questo oggetto deriva anche dal modo in cui veniva utilizzato dagli alpini, i quali erano soliti a mangiare in gruppo, ognuno nella propria gavetta, richiaman-

do quel concetto di convivialità tipico del pasto in escursione.⁶²

Tornando al nostro oggetto, l'isolante potrebbe riprendere la particolare forma semiellittica della gavetta, visto che anche la camera di cottura potrebbe essere costruita con quella forma mantenendo la struttura collassabile. Basterebbe, infatti, realizzare le diverse sezioni in alluminio con la forma semiellittica.

Per quanto riguarda la pentola da falò, i componenti di cui è costituita sono il corpo principale dotato di piedini per l'appoggio, un coperchio e un manico, anch'esso studiato per la sospensione della pentola su una fiamma. Tuttavia, il "dutch oven" può essere utilizzato anche posizionandolo direttamente dentro il fuoco o in prossimità di esso. L'elemento principale che ci ha colpito è la sua forma circolare. Infatti, il cerchio favorisce la convivialità, perché tutti i membri del gruppo, se disposti a cerchio, hanno lo stessa possibilità di farsi ascoltare.



Un gruppo di militari che pasteggia con la gavetta

Allo stesso modo della gavetta, anche la forma della pentola può essere ripresa per la progettazione dell'isolante. Tuttavia, gli oggetti appena citati risultano molto legati al contesto montano, e meno a quello più generale dell'escursione, risultando un paragone troppo specifico e poco significativo per il nostro contesto di progetto e la nostra utenza. Inoltre, queste forme, ormai

sorpassate, risultano ingiustificabili per un nuovo prodotto, che deve essere stoccato in zaini moderni e totalmente diversi da quelli degli alpini di un tempo, ad esempio. Dunque, in generale, la scarsa compattabilità e la difficoltà di stoccaggio di queste forme ha prolungato la nostra ricerca formale.



Il design interno con le forme espressive e evocative della gavetta e della pentola da falò

La soluzione è arrivata guardando a oggetti più contemporanei. Per ottenere la massima riduzione di volume, la forma migliore, è quella degli oggetti compattabili in silicone. Questa soluzione si sposa benissimo con il nostro progetto, visto che l'isolante è realizzato con lo stesso materiale di questi prodotti. La riduzione di volume è molto efficiente, cosa estremamente importante per il nostro prodotto.

Gli oggetti in silicone compattabili, come ad esempio i bicchieri da viaggio pieghevoli o i contenitori per alimenti, sono realizzati dividendo il volume del silicone in diversi segmenti, ciascuno dei quali presenta una sezione più piccola del precedente, procedendo in modo decrescente dall'altro verso il basso. Nel punto d'incontro tra un segmento e l'altro la sezione si riduce, così da rendere possibile la piegatura dei segmenti. L'oggetto caratterizzato da questa struttura si può

aprire e chiudere a piacimento, senza subire danni da fatica grazie alla elevata malleabilità del silicone.

L'oggetto finale avrà quindi la forma di un bacino compattabile in silicone, al cui interno verrà ospitata la reazione e la camera di cottura e tutto il sistema sarà chiuso da un tappo forato per il corretto deflusso dei gas.

Unendo questa struttura del silicone a quella dell'alluminio si ottiene un oggetto perfettamente richiudibile, dalle forme contemporanee, ispirate a oggetti noti che hanno a che fare con il mondo alimentare. Si coniugano dunque in modo efficiente le esigenze funzionali come quelle d'isolamento termico e conducibilità del calore, con quelle espressive di un prodotto che sappia risultare facilmente riconoscibile dall'utenza. Per questo motivo questa sarà la forma dell'oggetto.

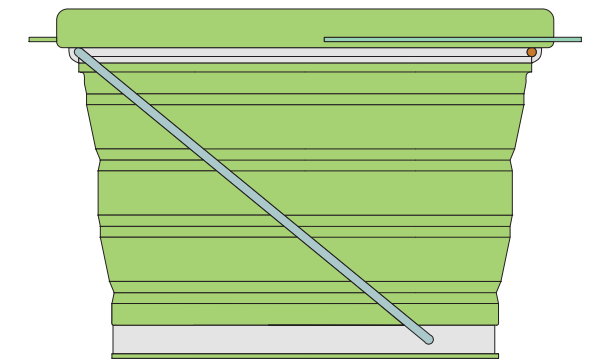


chiusura della bacinella in silicone pieghevole

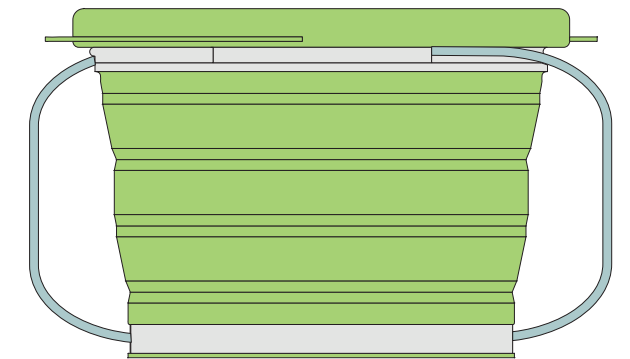
Tuttavia, la ricerca formale non è ancora terminata. Infatti, una necessità comune a tutte e tre le proposte formali discusse è quella di una struttura che possa reggere il peso della camera di cottura, la quale dovrà essere necessariamente sospesa all'interno, in quanto, sul fondo dell'oggetto verrà disposto il reagente. La camera di cottura si appoggerà, dunque, al silicone che essendo morbido, non potrà reggerne il peso senza una struttura.

Per il design di quest'ultima si è optato sin da subito per l'utilizzo di tondini in acciaio di diametro ridotto così da ottenere una struttura leggera ma resistente. L'esigenza fondamentale per la progettazione della struttura è stata quella di evitare l'utilizzo di giunzioni, o altre componenti di collegamento tra i tondini, per evitare rotture.

Inoltre, si è pensato d'isolare la struttura in acciaio dal silicone utilizzando degli anelli in PVC, posizionati all'estremità superiore e inferiore dell'oggetto e collegati al silicone per forma, senza collanti, così da poter smontare ogni componente in caso di dismissione o lavaggio. La scelta degli anelli deriva dalla necessità d'irrigidire le due basi dell'oggetto, altrimenti, a causa della malleabilità del silicone, questo basculerebbe, portando alla fuoriuscita degli alimenti e di materiale molto caldo, diventando pericoloso. Si è pensato, infine, di dare all'oggetto una forma quadrata. In questo modo, i tondini in acciaio piegati due volte, possono inserirsi sia in una base che nell'altra. Così facendo sono necessari solo due elementi, che posizionati uno opposto all'altro, garantiranno la tensione necessaria a reggere l'intero sistema.



La struttura sfalsata crea una doppia tensione che rende stabile l'oggetto



Le due basi sono collegate in modo da impedire il basculamento

5.3.4 Gli accessori

L'ultimo aspetto da definire è la progettazione degli accessori. Tra questi sono stati individuati 3 oggetti necessari per una corretta fruizione del prodotto. Questi sono:

1. Un piatto in cui riporre il cibo caldo, così da integrare anche le stoviglie all'interno del sistema e diminuire ancora il volume dell'attrezzatura da cucina in escursione.
2. Una posata che agisca sia da forchetta che da cucchiaio, visto che si prevedono sia cibi solidi che liquidi.
3. Un sistema per comunicare all'utente la temperatura interna dell'oggetto, per ragioni di sicurezza.

Per il primo accessorio, ovvero il piatto, l'esigenza alla base della progettazione è quella di ridurre al minimo il suo volume, così da inserirlo all'interno del prodotto. Visto la necessità di fornire la camera di cottura di un coperchio, per impedire alla condensa di entrare a contatto con il cibo, per una questione di percezione, si è deciso che il coperchio, come nella gavetta, fungerà anche da piatto. Per realizzarlo, esso sarà ottenuto pressando una lamina di alluminio. Per ragioni di spazio non sarà presente un manico, ma risulterà comunque necessario per via delle alte temperature del metallo. Dunque, la forchetta avrà anche la funzione di manico, che si infilerà in dei fori creati apposta.

Per quanto riguarda la forchetta, il suo design prende ispirazione dal cucchiaio forchetta, dunque un cucchiaio che presenta all'estremità della conca dei denti per infilzare i cibi solidi. Nella parte opposta, dalla punta del manico, presentare due ulteriori dentini per l'apertura del coperchio della camera di cottura, secondo le modalità descritte precedentemente.



Esempio di cucchiaio forchetta in acciaio inox.

Infine, l'ultimo accessorio da progettare è il sistema di rilevamento della temperatura interna. Per farlo, si è da subito pensato all'utilizzo di un termometro. Tuttavia, oltre che ingombrante, questo risulta una soluzione non accattivante dal punto di vista estetico, ma risulta comunque necessario conoscere lo stato di avanzamento della reazione. L'impiego della vernice termosensibile è stata la soluzione adottata. Questa speciale vernice cambia colore in funzione della temperatura, permettendo di dare un chiaro segnale all'utente in caso di pericolo di ustione.



La vernice termocromica reagisce al cambio di temperatura.

Poiché risulta impossibile verniciare il silicone, mantenendo la sua flessibilità, in quanto, una volta indurita la vernice creperebbe piegando il materiale, è stato necessario trovare un'altra espediente. Dunque, è stata prevista una sorta di spilla che si infili direttamente all'interno del silicone, così da essere a contatto diretto con l'interno per poter meglio assorbire il calore. Questa spilla sarà tinta con la vernice termosensibile, e sarà il nostro segnale per l'utente, immediatamente visibile perché posto direttamente sul tappo in silicone.



In condizioni normali, la vernice ha un colore uniforme, ma quando si registra una variazione di temperatura in una zona, questa cambia colore

5.3.5 Comunicazione e cromie

HOT!



ED8025



4F5D61



FAFBF8

Il nome deriva dalla forma e dalla funzione del prodotto stesso. Letteralmente “hot pot” significa “pentola calda”.

Inoltre, il termine è riferito a una tradizione vietnamita che prevede di consumare un pasto e dividerlo con i presenti sedendosi tutti intorno alla ad una pentola. Ogni componente, quindi, cuoce i propri alimenti sul momento immergendoli nella pentola contenente acqua od olio caldo. Nel logotipo si può apprezzare come la “O” rimandi alla centralità della pentola durante la condivisione del pasto. Inoltre i colori di cui è composto rimandano al prodotto stesso.

Il font utilizzato nella realizzazione del logotipo è

“Lemon Milk” a cui sono state apportate alcune piccole modifiche come il raccordo degli angoli, per renderlo meno rigido, così da richiamare quelli ricordati del prodotto stesso.

Per la prima variante sono stati scelti colori che portassero alla mente gli elementi basilari di HotPot.

Il corpo in silicone bianco possiede un grado di trasparenza tale da permettere all’utente di osservare gli ambienti interni del prodotto e controllare lo svolgersi della reazione. Inoltre, la trasparenza, ricorda l’acqua, elemento essenziale per il buon funzionamento di HotPot.

I particolari color antracite rimandano alla durezza della calce spenta, il prodotto della reazione, mentre quelli arancioni al calore. I manici hanno una finitura catarifrangente per poter intercettare visivamente il prodotto ed evitare urti accidentali durante la reazione in fase notturna. Il punto esclamativo invece, cambiando colore in base al livello di calore, informa l’utente della temperatura presente all’interno del prodotto. Il pentolino e il cucchiaino sono realizzati in alluminio con due finiture differenti: il primo lucido, il secondo satinato.

La seconda variante presenta colori più accesi. Infatti, l’arancione domina su quasi tutti gli elementi del prodotto sia per un richiamo al calore sia per evitare lo smarrimento.

La terza e ultima presenta colori più scuri sui toni dell’antracite per dare un tono più “elegante” e robusto.





104



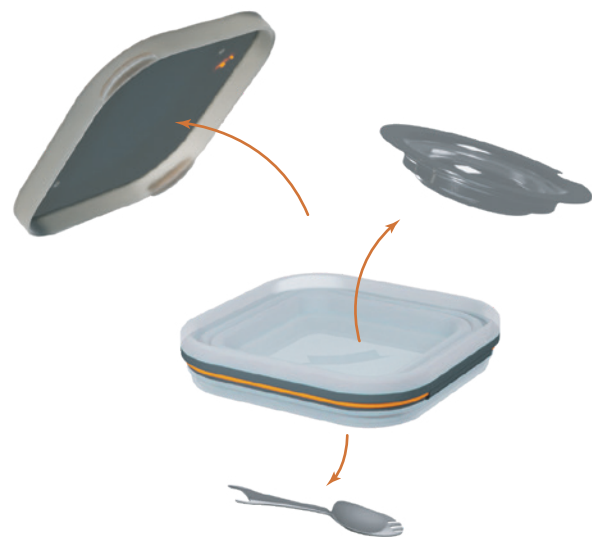
105



106



107



1) Aprire il tappo in silicone, estrarre la pentola in alluminio dall'interno del device e il cucchiaino sul fondo esterno dello stesso.



2) Afferrare le due estremità in PVC e tirarle in direzione opposta.



3) Una volta aperto estrarre le due bacchette in acciaio, ruotarle e inserirle nuovamente negli appositi fori posti alla base del device.



4) Porre il sacchetto con il reagente in fondo alla pentola in silicone.



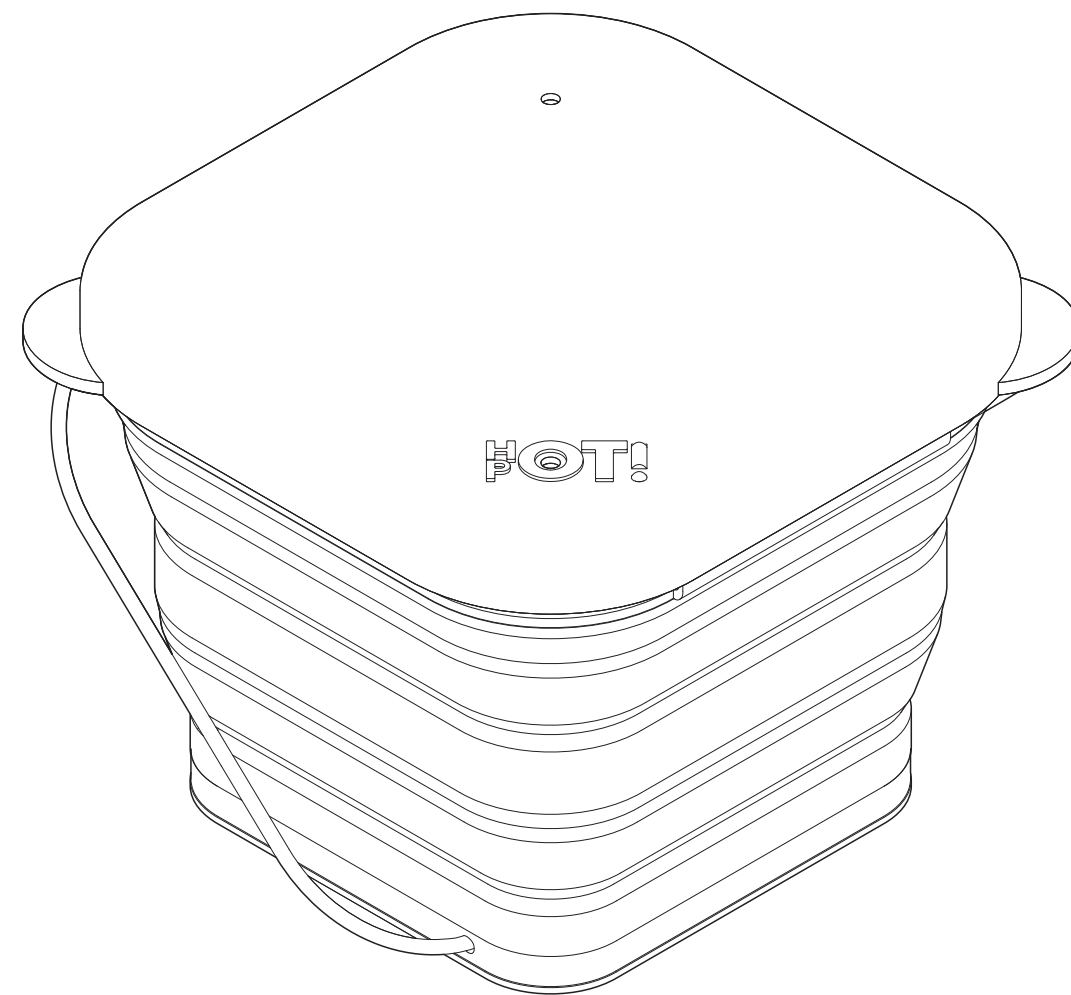
5) Posizionare la pentola in alluminio al centro del contenitore e versare l'acqua attraverso l'apposita mezzaluna ritagliata sul bordo.



6) Versare l'alimento nella pentola di cottura, chiudere con entrambi i coperchi ed aspettare che la reazione abbia effetto.

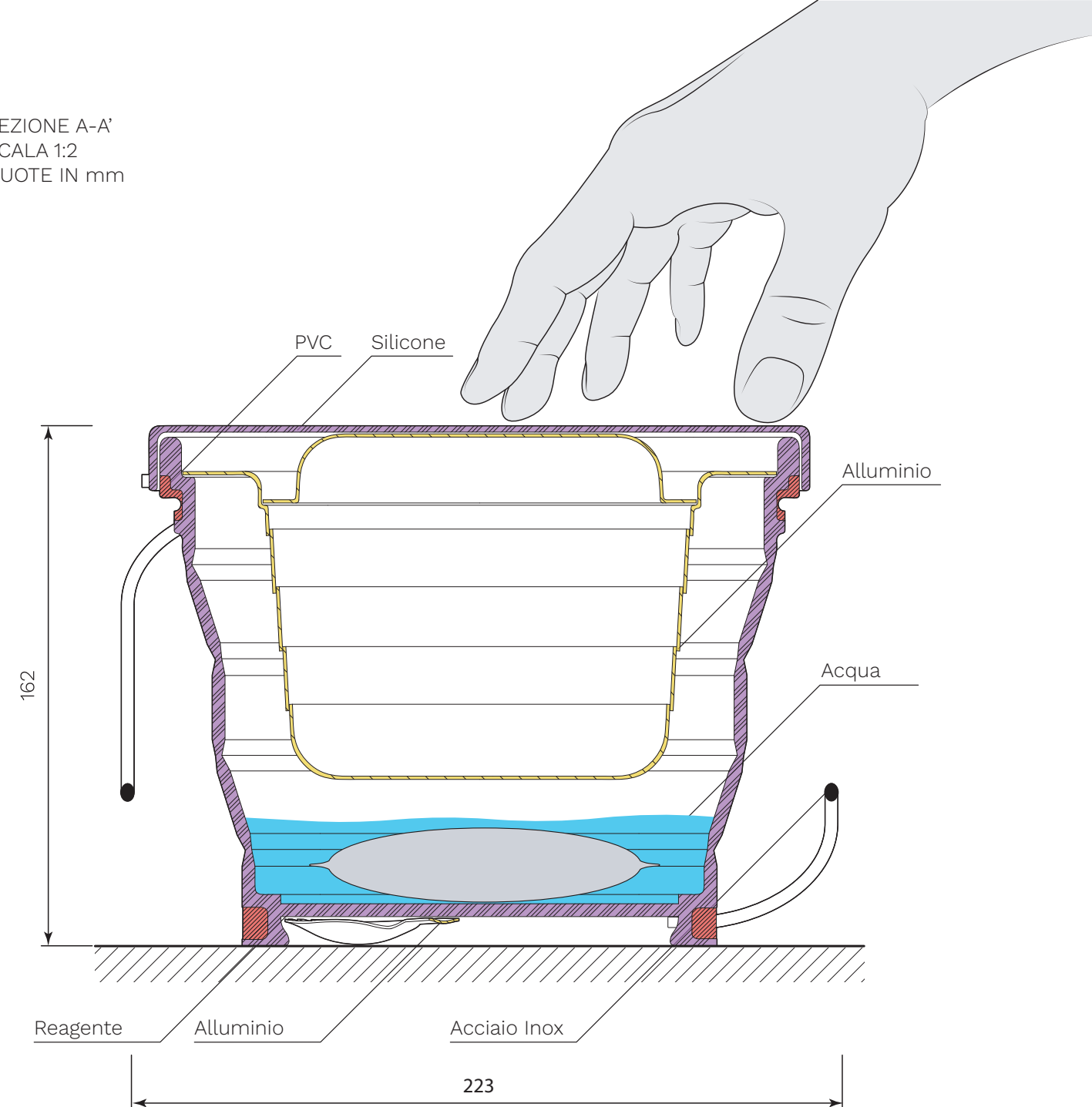


7) A cottura ultimata aprire il tappo in silicone e inserire l'estremità del cucchiaino nei due appositi fori del coperchio in alluminio per aprirlo.

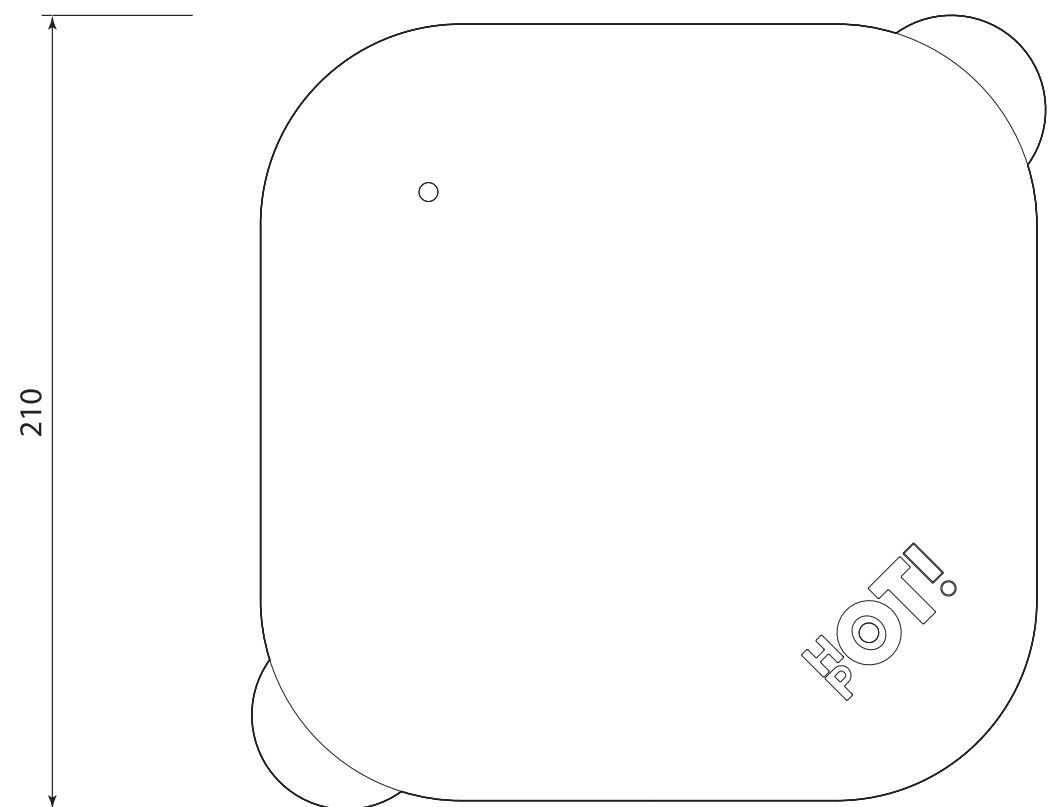
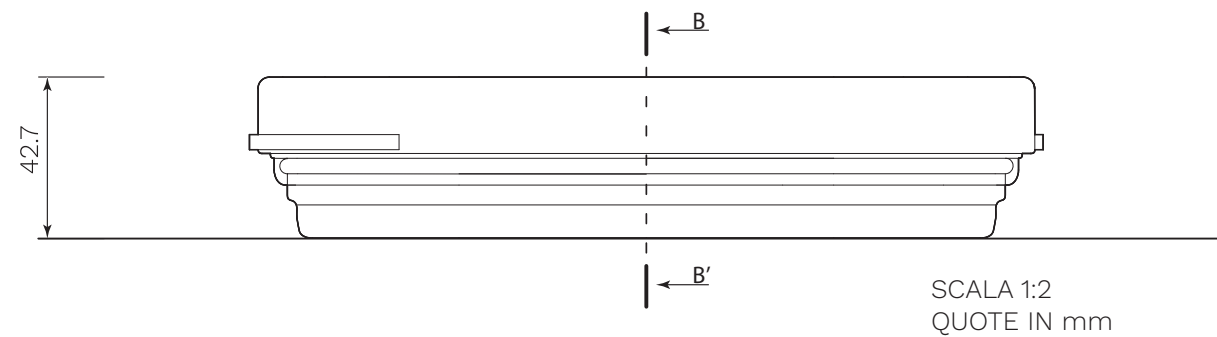


110

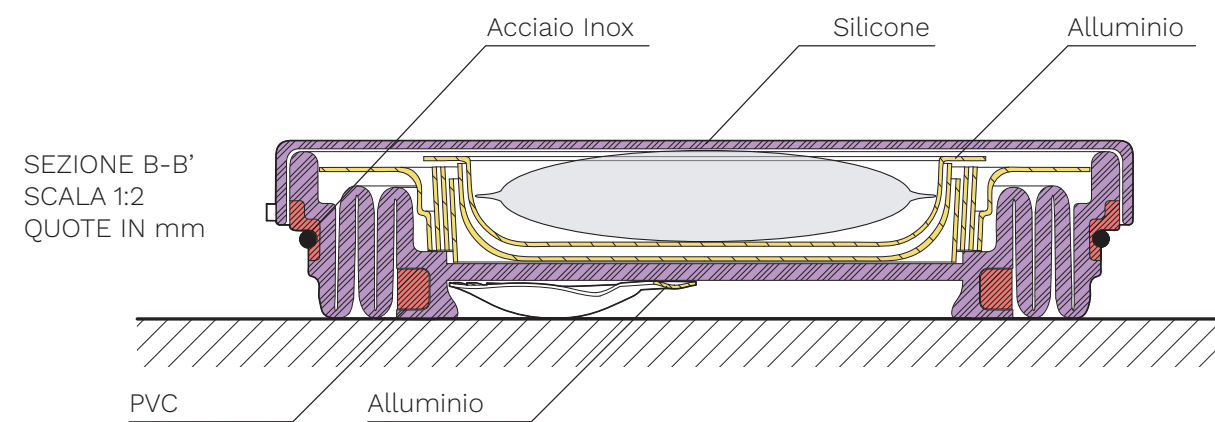
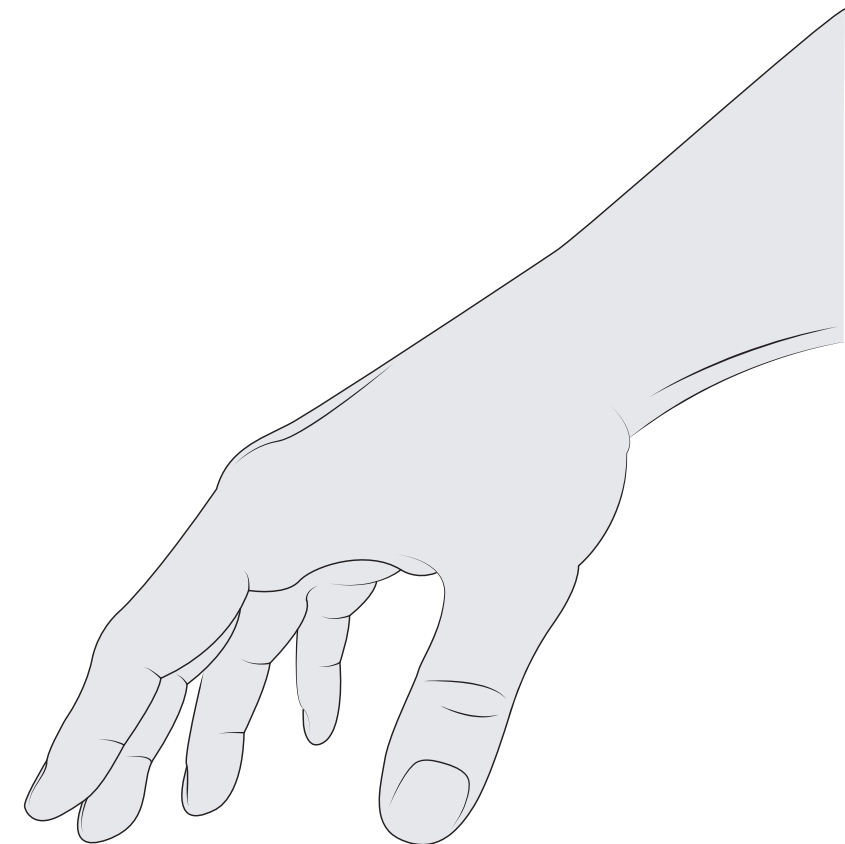
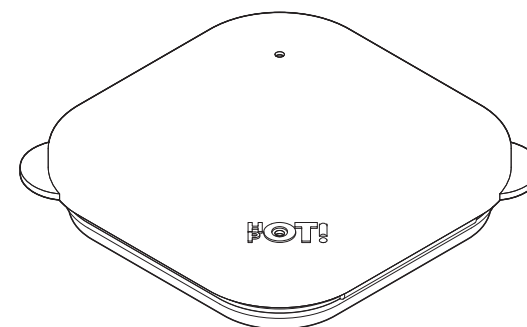
SEZIONE A-A'
SCALA 1:2
QUOTE IN mm



111



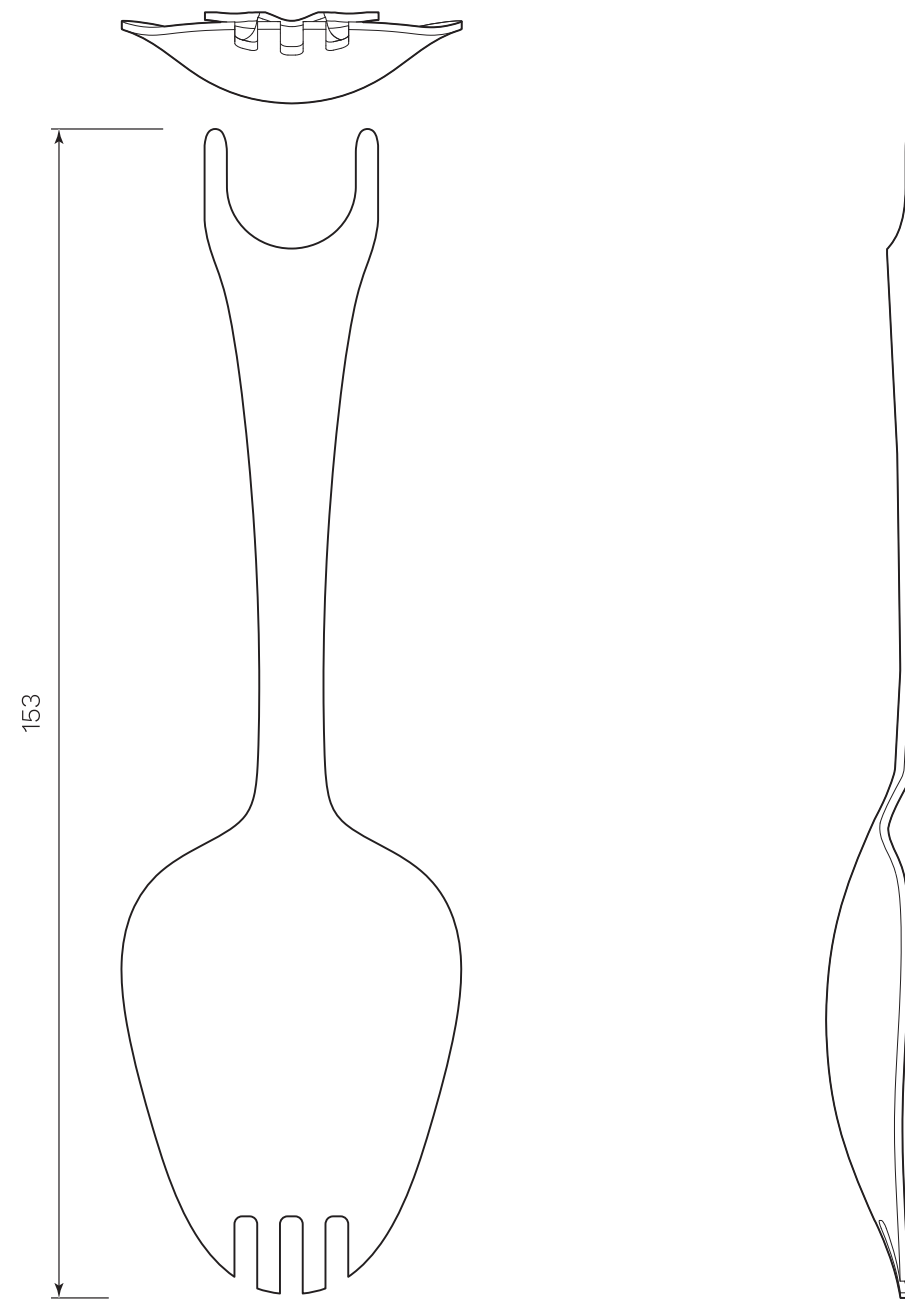
112



113



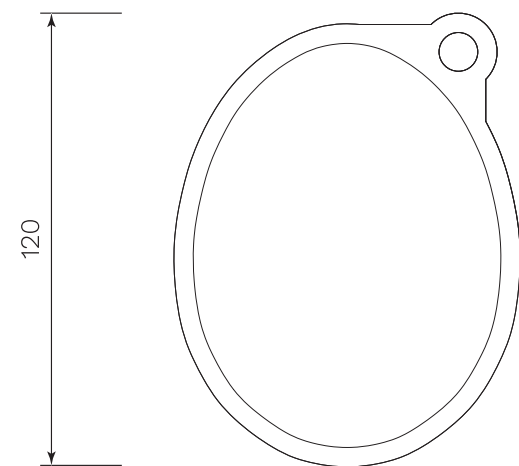
114



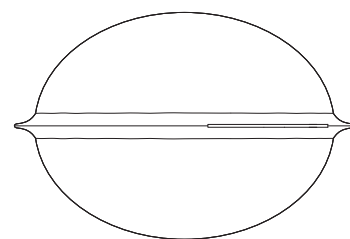
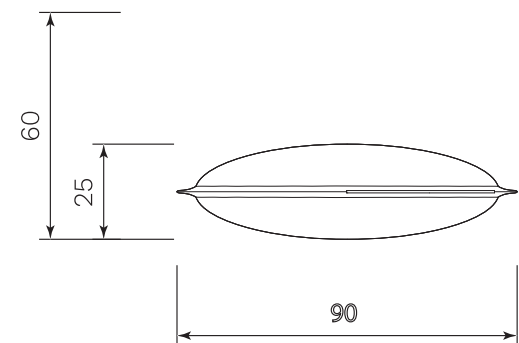
115

SCALA 1:1
QUOTE IN mm

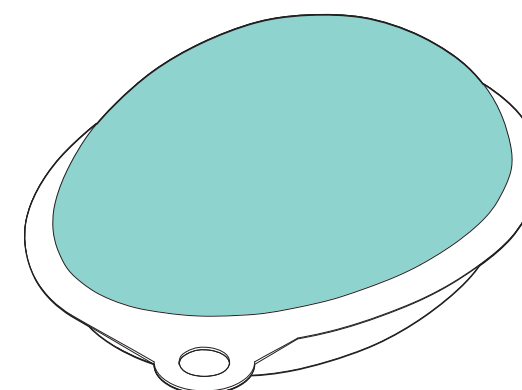
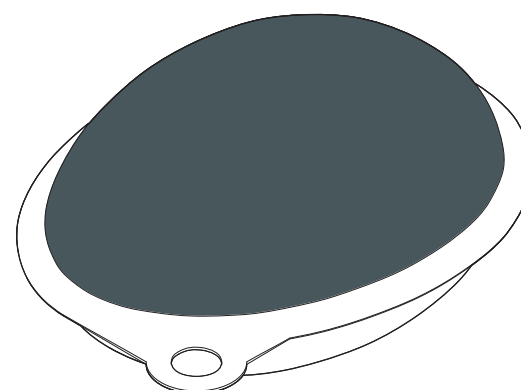
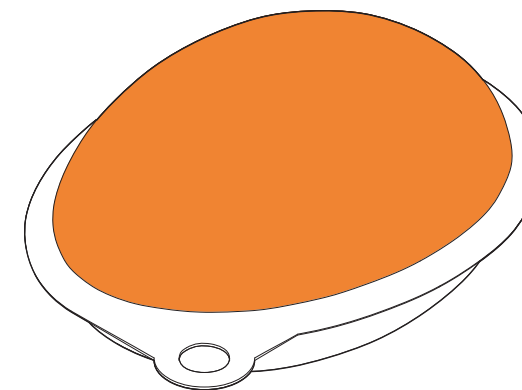
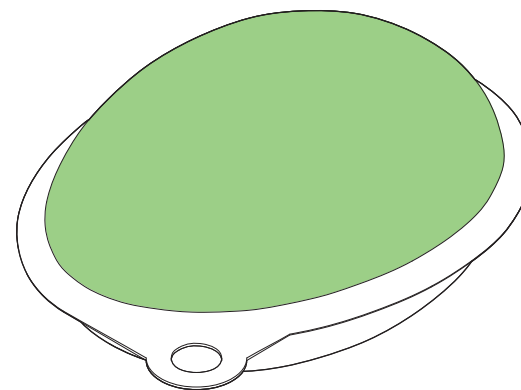
Varianti grafiche Memory Stone



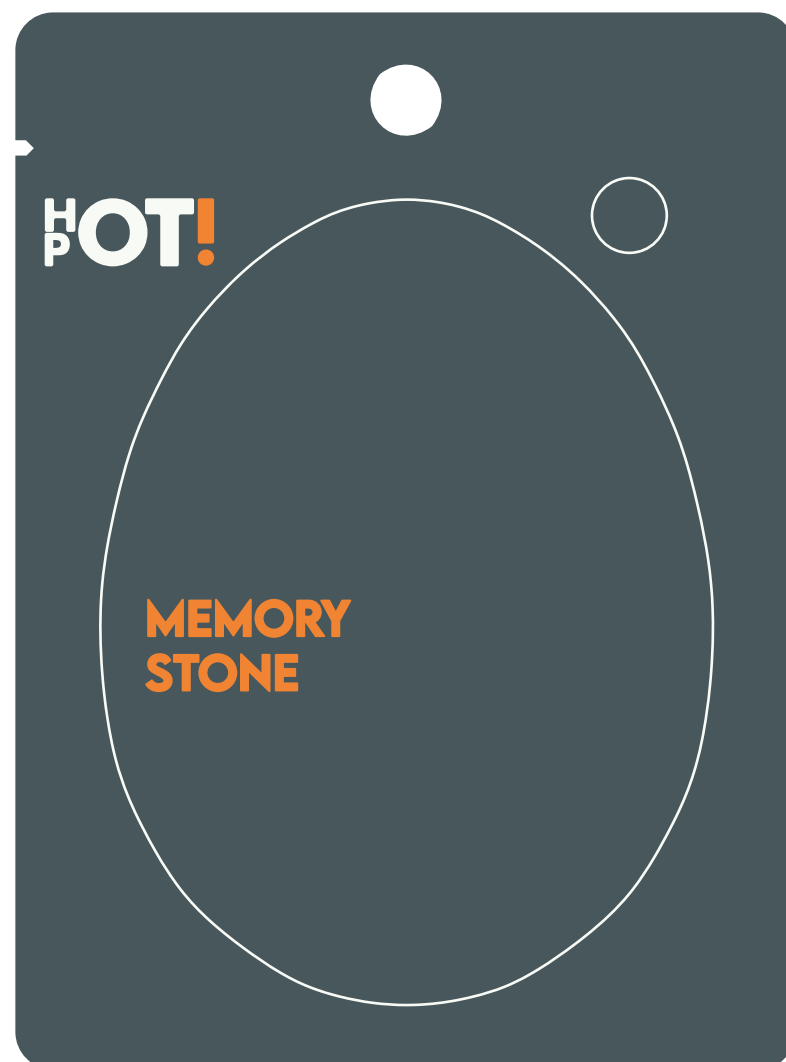
SCALA 1:2
QUOTE IN mm



Dimensione
finale



Fronte del packaging
contenente il reagente



Frontalmente, il sacchetto, presenta una grafica rappresentativa della sagoma del prodotto al suo interno (ossia il sacchetto in tessuto TNT con all'interno il reagente).

Il colore principale è quello antracite, lo stesso presente nei dettagli di HotPot. Inoltre sono presenti anche l'arancione e il bianco presenti nello stesso.

Oltre a riportare il logo del device, precedentemente citato, è riportato anche il nome del reagente: "Memory Stone" che richiama, anche qui tradotto dall'inglese, la funzionalità stessa del prodotto.

Internamente è alloggiato il reagente dentro la sua bustina protettiva in tessuto TNT.

La bustina, a forma di uovo, presenta un lato colorato (o con alcune grafiche) e un lato completamente bianco su cui l'utente può scrivere tramite una penna o un pennarello.

Questa bustina è dotata di un foro per permettere all'utente di appendere Memory Stone ad un moschettone.

Retro del packaging
contenente il reagente



Il materiale di cui è composto il sacchetto è il polipropilene.

Utile per isolare il reagente dall'umidità, dall'aria e dall'acqua, inoltre è un materiale plastico completamente riciclabile.

Sulla parte superiore è presente un foro che permette all'utente di appendere la busta fuori dallo zaino tramite un moschettone, come un intaglio che ne facilita l'apertura.

La parte inferiore, al contrario, è sagomata e riprende la forma del profilo di HotPot.

Sul retro della busta sono presenti le icone delle avvertenze e precauzioni da prendere prima e durante l'utilizzo da parte dell'utente.

Sulla parte bassa invece è possibile leggere le istruzioni d'uso per un'esperienza ottimale e il peso del prodotto in grammi.



6

Bibliografia e sitografia



Capitolo 2

1. C.A.i. Rimini, Definizione di escursione, [online] C.A.I. Club Alpino Italiano [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.cai.it/andare-in-montagna/escursionismo>

2. D’angella V.. Idratazione in montagna, quanto bisogna bere in montagna [online] Outdoortest.it 2020 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://outdoortest.it/idratazione-in-montagna-quanto-bisogna-bere-in-montagna/#:~:text=In%20montagna%20si%20possono%20bere,nei%20biscotti%20e%20nei%20dolci>

3. VADEMECUM DELL’ESCURSIONISTA, [online] C.A.I. sezione di Latina 2022 [accessed 10 February 2022]
Available from: <http://www.cailatina.com/VADEMECUM.PHP>

4.Organizzazione, pianificazione e svolgimento di un’escursione [online] Msmountain.it 2015 [accessed 10 February 2022]
Available from: http://www.msmountain.it/varie/tecnica_escursionistica/organizzazione.html

5. Astesano L. Come riscaldarsi in tenda [online] Attrezzatura trekking 2020 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://attrezzaturatrekking.it/come-riscaldarsi-in-tenda-12-consigli-per-una-notte-perfetta/>

6. Gabri G. 5 migliori materassini da trekking, [online] Montagnamadeinitaly, 2020 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://montagnamadeinitaly.it/5-migliori-materassini-da-trekking/#:~:text=I%20materassini%20gonfiabili%20sono%20probabilmente,capacit%C3%A0%20di%20isolare%20dal%20terreno.>

7. Frasson E. Dieci consigli per dormire in tenda anche d’inverno [online] Eco Bnb 2018 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://ecobnb.it/blog/2018/10/tenda-inverno/>

8. Commerci F. 7 consigli di Daniele Nardi riscaldare una tenda da campeggio [online] Comparasemplice 2019 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.comparasemplice.it/informazioni/come-risparmiare/7-consigli-daniele-nardi-riscaldare-tenda-campeggio>

9. Silvia V. Come organizzare il cibo per un viaggio in tenda, [online] Bagaglioleggero 2020 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.bagaglioleggero.it/cibo-per-trekking-tenda/>

10. Della Palma A. Il fornello da trekking: come scegliere il miglior kit da cucina per l'outdoor [online] MountainBlog Italia 2020 [accessed 10 February 2022]
Available from: <http://www.mountainblog.it/redazionale/fornello-trekking-scegliere-miglior-kit-cucina-outdoor/>

11. Cobb J. DIY survival: make a buddy burner [online] The survival mom 2014 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://thesurvivalmom.com/diy-survival-make-buddy-burner/>

12. Redazione HJ Giacca riscaldata,cos'è e come funziona [online] HJ 2019 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://giaccariscaldata.it/i-nostri-prodotti/giacca-riscaldata-cose-e-come-funziona/>

13. Trabucchi M, Mai più freddo: ora i vestiti si scaldano con la tecnologia [online] GQitalia.it 2017 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.gqitalia.it/gadget/fitness/2017/09/22/mai-piu-freddo-ora-i-vestiti-si-scaldano-con-la-tecnologia>

14. Nichols, C. Alan The tracking solar cooker [online] solarcooking.org 1993 [accessed 10 February 2022]
Available from: <http://solarcooking.org/plans/Cookerbo.pdf>

15. CantinaWest, Solar cookers: varieties and styles [online] cantinawest.com 2012 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.solarcooker-at-cantinawest.com/solarcookers-types.html>

16. Yatish T. Shah, Thermal Energy: Sources, Recovery, and Applications [online] CRC press pp 340 [cited 10 February 2022]
Available from: https://books.google.it/books?id=QdArDwAAQBAJ&pg=PT340&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

17. Jackson R. C. Van Bavel C.H. Solar Distillation of Water from Soil and Plant Materials: A Simple Desert Survival Technique [online] National library of medicine [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5826532/>

18. Spagnolo M. Dissalazione acqua marina, con l'energia solare un 385% d'efficienza [online] rinnovabili.it 2020 [cited 10 February 2022]
Available from: <https://www.rinnovabili.it/energia/politiche-energetiche/dissalazione-acqua-marina-solare/>

19. Granato V. Energia termica dalla zeolite [online] lavorincasa.it 2013 [accessed 10 February 2022] Available from: <https://www.lavorincasa.it/energia-termica-dalla-zeolite/>

20. Lubelli T. S. Guida pratica per scoprire tutto ciò che c'è da sapere sulla caldaia a zeolite [online] lubellitermicaservice.it 2021 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.lubellitermicaservice.it/informazioni-caldaia-a-zeolite/>

21. Zahnzinger M. Bosch zeolite dishwasher [online] reviewed.com 2013 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.reviewed.com/dishwashers/content/bosch-smu69u65eu-zeolite-dishwasher-first-impressions-review>

22. Marchetto G. Addio a fuoco e gas, Zeocooking si cucina con l'energia dell'acqua [online] *ilsole24ore.com* 2017 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.ilsole24ore.com/art/addio-fuoco-e-gas-zeocooking-si-cucina-l-energia-acqua-AELJRws>

23. Di Sabatino G. Come cucinare a bassa temperatura sottovuoto [online] lacucinaitaliana.it 2016 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.lacucinaitaliana.it/tutorial/le-tecniche/come-cucinare-a-bassa-temperatura-sottovuoto/#:~:text=La%20cucina%20sottovuoto%20C3%A8%20una,50%C2%B0%20e%20i%20100%C2%B0>.

23. Di Sabatino G. Come cucinare a bassa temperatura sottovuoto [online] lacucinaitaliana.it 2016 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.lacucinaitaliana.it/tutorial/le-tecniche/come-cucinare-a-bassa-temperatura-sottovuoto/#:~:text=La%20cucina%20sottovuoto%20C3%A8%20una,50%C2%B0%20e%20i%20100%C2%B0>.

24. Danielli G. Paolo Carratosidis fondatore di Zeocooking: la mia rivoluzionaria cottura senza fuoco, a zeolite [online] newsfood.com 2018 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://newsfood.com/paolo-caratossidis-fondatore-di-zeocooking-la-mia-rivoluzionaria-cottura-senza-fuoco-a-zeolite/>

25. Lavagel USA, Lavagel Technology [online] lavagelusa.com [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.lavagelusa.com/>

26: H°eats by lavagel, H°eats Technologies and application [online] h-eats.com
Available from: <https://h-eats.com/>

27. Lavagel USA, Lavagel Application [online] lavagelusa.com [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.lavagelusa.com/>

28 Pocket bar, Come funziona? [online] pocketbar.com [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://pocketbar.com/>

29. Rau M. Il riscaldamento è acceso: riscaldare cibi e bevande con l'energia termica [online] scienceinschool.org 2011 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.scienceinschool.org/it/article/2011/Incu-it/>

30. Ossido di calcio [online] [laboratoriumdiscounter.nl](https://www.laboratoriumdiscounter.nl) [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://www.laboratoriumdiscounter.nl/it/sostanze-chimiche/a-z/c/ossido-di-calcio/>

CAPITOLO 3

31. Bagaritti F. Corradi E. Desco A. Roba C. Scopriamo la chimica, capitolo 8, app. La corrosione [online] zanichelli.it [cited 10 February 2022]
Available from: https://online.scuola.zanichelli.it/scopriamolachimica-files/Approfondimenti/Zanichelli_Bagatti_Scopriamo_Cap08_A_Corrosione.pdf

32. Mahnazmezon. Come funzionano gli scaldamani chimici [online] mahnazmezon.com [cited 10 February 2022]
Available from: <https://it.mahnazmezon.com/articles/science/how-chemical-hand-warmers-work.html>

33. Astrola B. Ghiaccio caldo [online] astrolablog.it 2021 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://astrolablog.it/ghiaccio-caldo/>

34. Di Nezzo P. Come funziona lo scaldamani? scienzapertutti.infn.it 2013 [accessed 10 February 2022]
Available from: <https://scienzapertutti.infn.it/chiedi-allesperto/tutte-le-risposte/1664-0391-come-funziona-lo-scaldamani>

35. Treccani, zeoliti [online] treccani.it 2007 [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://web.archive.org/web/20170527030210/http://www.treccani.it/enciclopedia/zeoliti/>

36. Baerlocher C. McCusker L. B. Olson D. H. Atlas of zeolite framework types [online] sciencedirect.com 2007 [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://www.sciencedirect.com/book/9780444530646/atlas-of-zeolite-framework-types#book-description>

37. Staff B.P. La zeolite e i vataggi nella filtrazione della piscina [online] blogpiscine.it [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://www.blogpiscine.com/la-zeolite-e-i-suoi-vantaggi-nella-filtrazione-della-piscina/>

38. Commisione Europea-Cordis, Developing a pool of novel and eco-efficient applications of zeolite for the agricultural sector [online] cordis.europa.eu [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://cordis.europa.eu/article/id/191032-zeolite-for-agriculture/it>

39. Randi I. zeoltie: cos'è? A cosa serve? [online] mypersonaltrainer.it [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://www.my-personaltrainer.it/benessere/zeolite.html#:~:text=In%20ambito%20salutistico%2C%20la%20zeolite,potrebbero%20essersi%20accumulare%20nel%20corpo.>

40. Chim D. Zeoliti e clathrasils [online] chimdocet.it [cited 10 February 2022]

Available from: <http://www.chimdocet.it/solido/file11a.htm>

41. Chimicaonline, Che cosa sono le zeoliti [online] chimicaonline.it [cited 10 February 2022]

Available from: <https://www.chimica-online.it/materiali/zeoliti.htm>

42. Chim D. Applicazioni delle zeoliti [online] chimdocet.it [cited 10 February 2022]

Available from: <http://www.chimdocet.it/solido/file11c.htm>

43. Vaillant, Specifiche tecniche del sistema ibrido integrato a zeolite Zeotherme [online] Vaillant.it [cited 10 February 2022]

Available from: <https://www.vaillant.it/downloads/vgoa-vaillant-it-doc/specifiche-tecniche/sistemi-ibridi-5/specifiche-tecniche-zeotherm-2012-313477.pdf>

44. Zeolite Toscana Cava Piandirena, scheda tecnica zeolite a Chabasite [online] piandirena.it [accessed 10 February 2022]

Available from: https://cave-piandirena-srl.mystoreden.com/cdn/dl_view.php/2caratteristiche+minerali.pdf?documentID=61a8d3f7be7ea0c66ecacf2b

45. Redibis Italia, Setacci molecolari-zeolite 4A [online] redibisitalia.it [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://redibisitalia.it/product/setacci-molecolari-zeolite-4a/>

45. Redibis Italia, Setacci molecolari-zeolite 4A [online] redibisitalia.it [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://redibisitalia.it/product/setacci-molecolari-zeolite-4a/>

46. Serafino M. studio, progettazione, caratterizzazione di materiali innovativi a base cementizia ecocompatibili [online] 123dok.org [cited 10 February 2022]

Available from: <https://123dok.org/article/zeolite-lta-studio-progettazione-caratterizzazione-materiali-innovativi-cementizi.eqo-wk7y1>

48. Balzano M. Idrossido di calcio [online] chimicamo.org [cited 10 February 2022]

Available from: <https://www.chimicamo.org/chimica-generale/idrossido-di-calcio/>

49. La banca della calce, La calce viva e le virtù delle malte di calce calda [online] labancadellacalce.org [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://www.bancadellacalce.it/bdc/malte-di-calce-calda-hot-mix-lime-mortar/>

CAPITOLO 5

50. Staff Vagabondo, mangiare in trekking: che cibo portare, come cucinare [online] vagabondo.net 2019 [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://www.vagabondo.net/guida-per-viaggiare/04-mangiare-trekking-che-cibo-portare-come-cucinare>

51. Micro S. Ricette da trekking [online] fornelloadalcool.com 2018 [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://fornelloadalcool.wordpress.com/ricette/>

52. Celvil, Il packaging in polipropilene: vantaggi per l'imballaggio alimentare [online] celvil.it 2018 [accessed 10 February 2022]

Available from: <https://www.celvil.it/info-utilities/polipropilene-uso-alimentare/#:~:text=I%20film%20in%20polipropilene%20hanno,questo%20particolare%20tipo%20di%20prodotti.>

Stefano Luigi Morbiolo
Davide Sito