

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale
«Modellazione del serbatoio
inferiore della vettura Bernardi»***

Tutor universitario: Prof. Giovanna Cavazzini

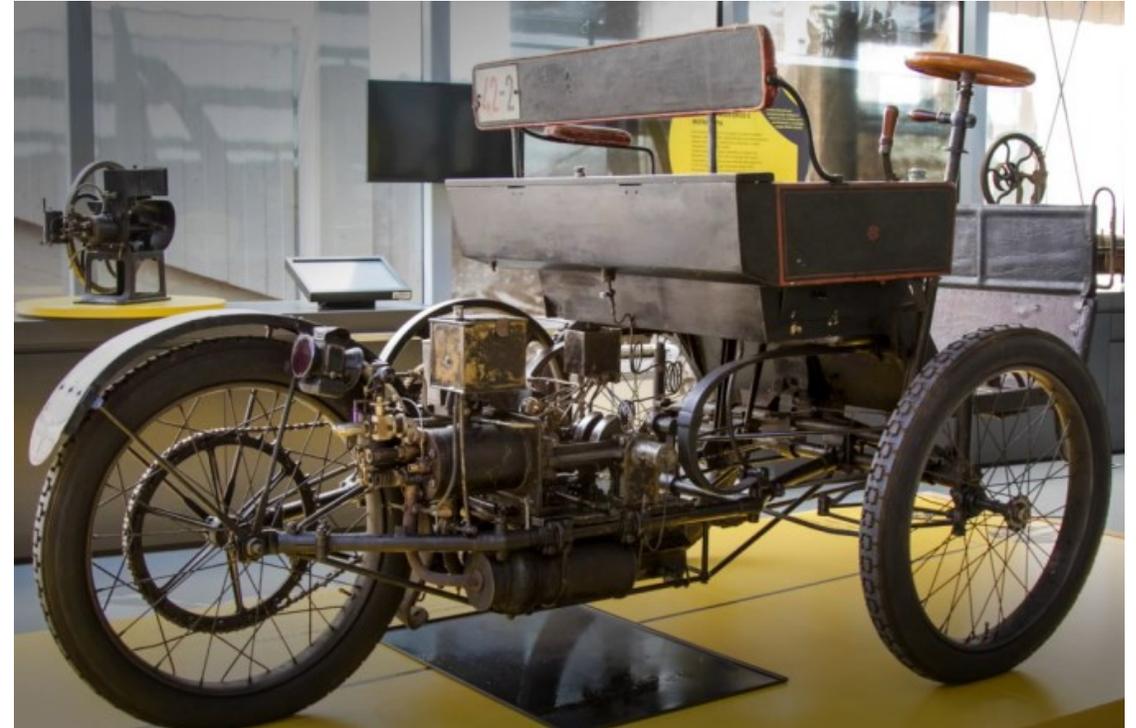
Laureando: *Alessandra Magabosco*

Padova, 20/09/2022

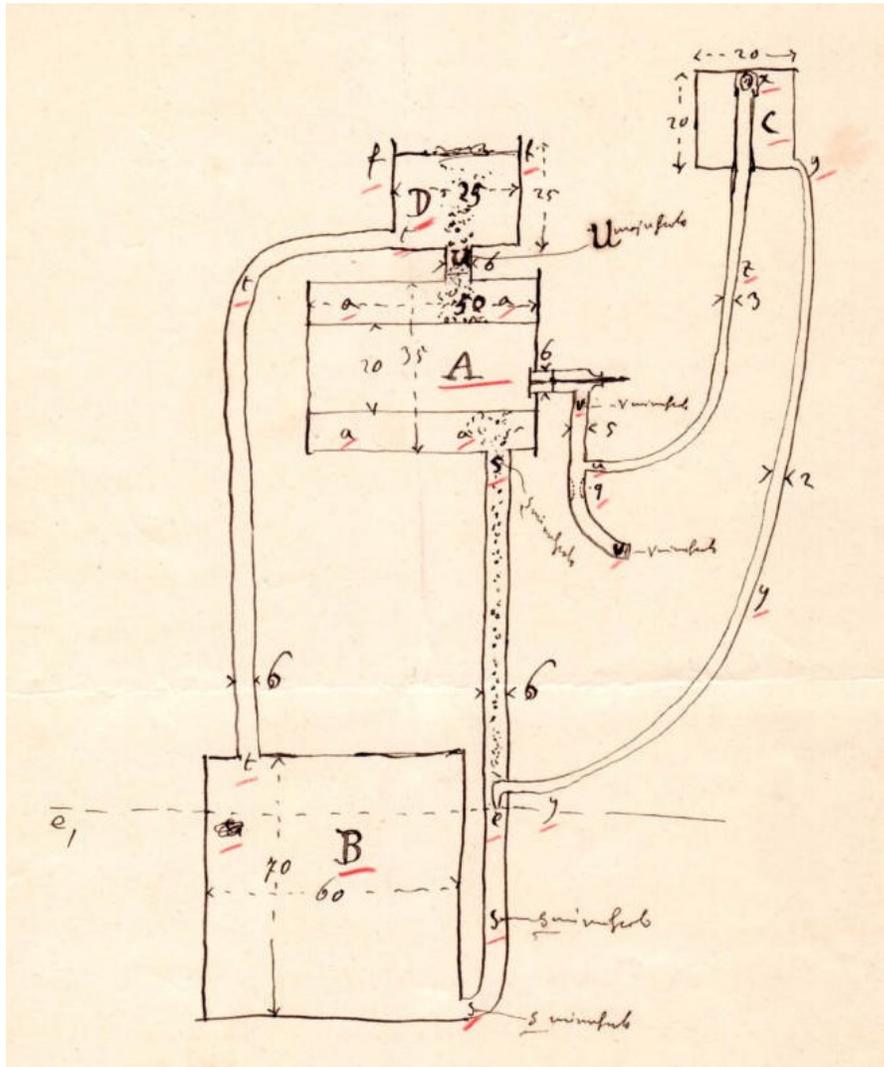
Presso il Museo di Macchine, istituito nel dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Padova, sono conservate diverse invenzioni del professor Enrico Bernardi che risalgono alla fine del XIX.

Egli è considerato uno dei principali promotori degli studi in ambito automobilistico in Italia.

La vettura a tre ruote ideata e progettata nel 1894 da Bernardi conta numerose soluzioni tecniche. Tra queste rientra la modalità con cui avviene il raffreddamento del cilindro, oggetto di questo lavoro.

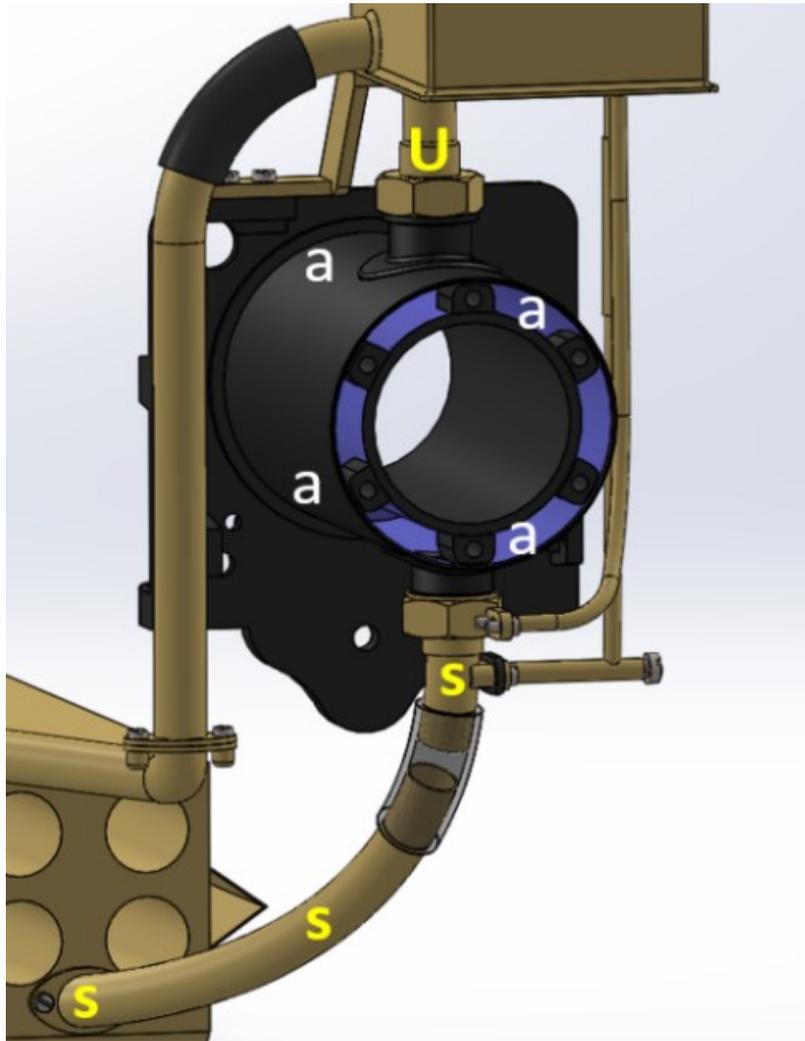


Vettura a tre ruote realizzata da Bernardi, conservata al museo di Macchine



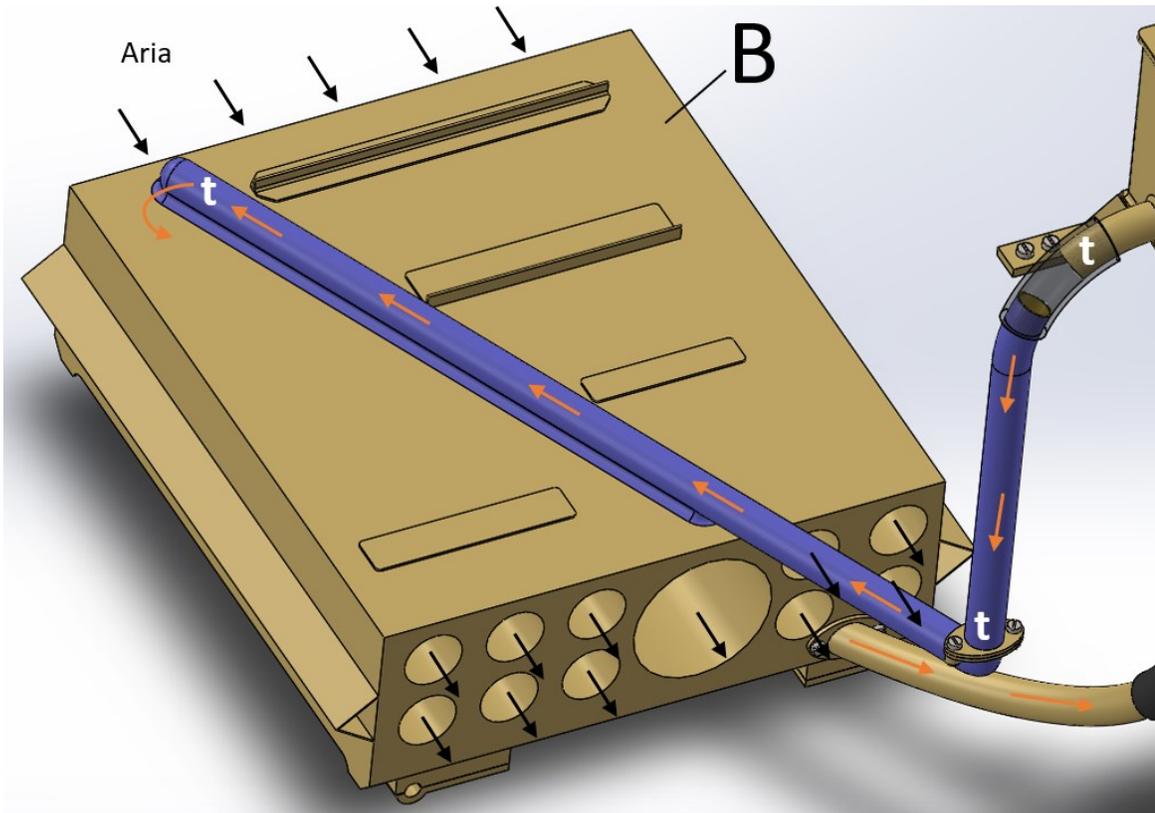
Disegno schematico di Bernardi del Sistema Bernardi

- Ricavare dall'Archivio di Enrico Bernardi messo a disposizione dall'Università di Padova documenti a supporto della modellazione e della descrizione del sistema di raffreddamento del professore.
- Fornire una descrizione completa del *Sistema Bernardi*, evidenziandone l'ingegnosa soluzione proposta.
- Rilevare, attraverso misurazioni condotte sulla vettura stessa, le dimensioni dei componenti oggetto della modellazione.
- Riprodurre un modello 3D mediante il software SolidWorks dell'intero apparato di raffreddamento, in collaborazione con Giovanni Campanella.



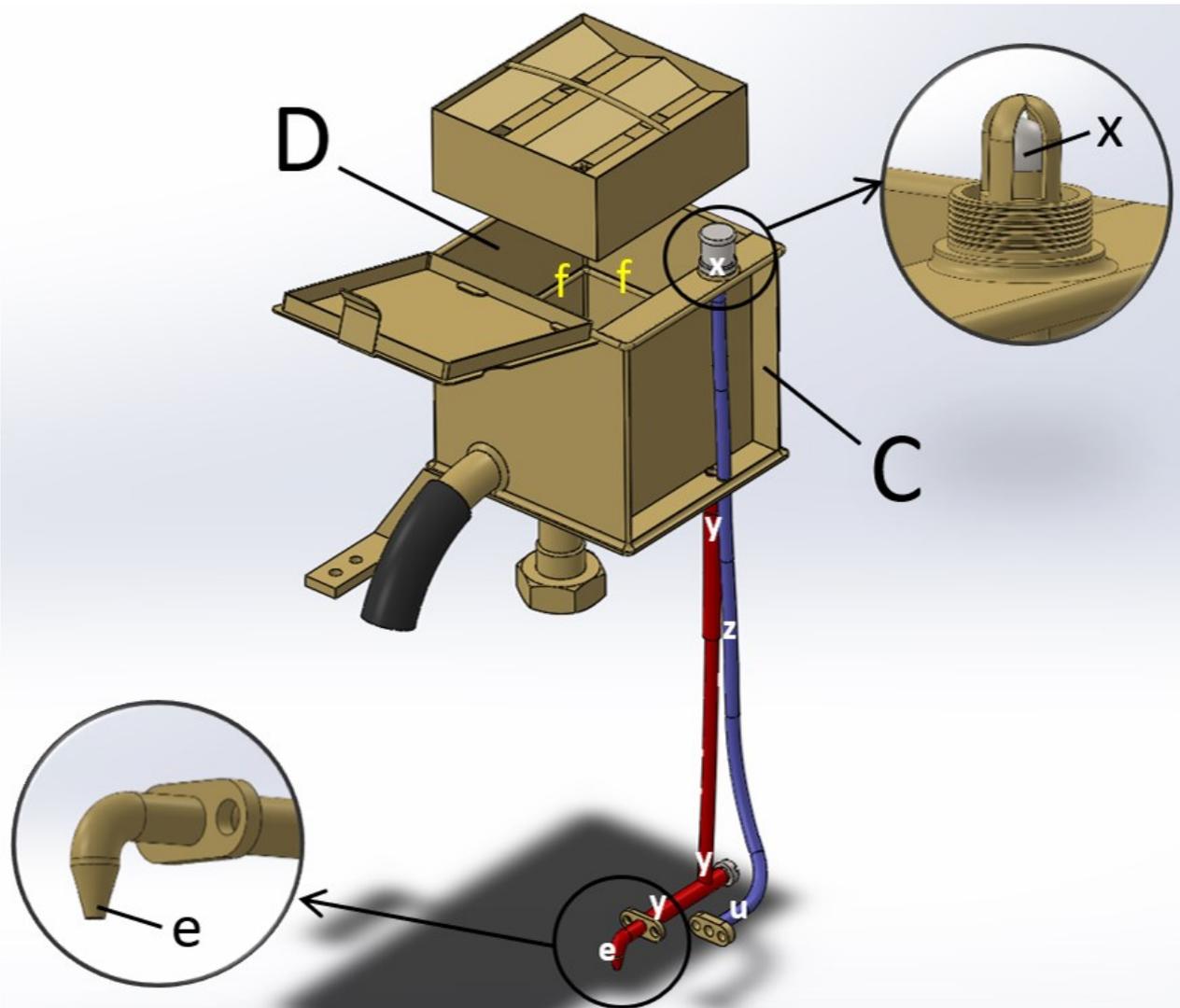
Modello 3D in cui si evidenzia lo spazio anulare del cilindro

- La circolazione di acqua avviene all'interno dello spazio anulare **aaaa** tra la canna del cilindro e la camicia di lamiera esterna.
- L'intercapedine comunica con il serbatoio superiore tramite un breve tubo **U** e con il serbatoio inferiore attraverso il condotto **sss**.
- Quest'ultimo è comprensivo di due tubi di dimensioni differenti che probabilmente in principio costituivano un unico componente. I due tubi sono stati, dunque, uniti tra loro mediante un raccordo in gomma che ha consentito una maggiore flessibilità di disposizione.



Modello 3D del radiatore tubolare attraversato dall'aria

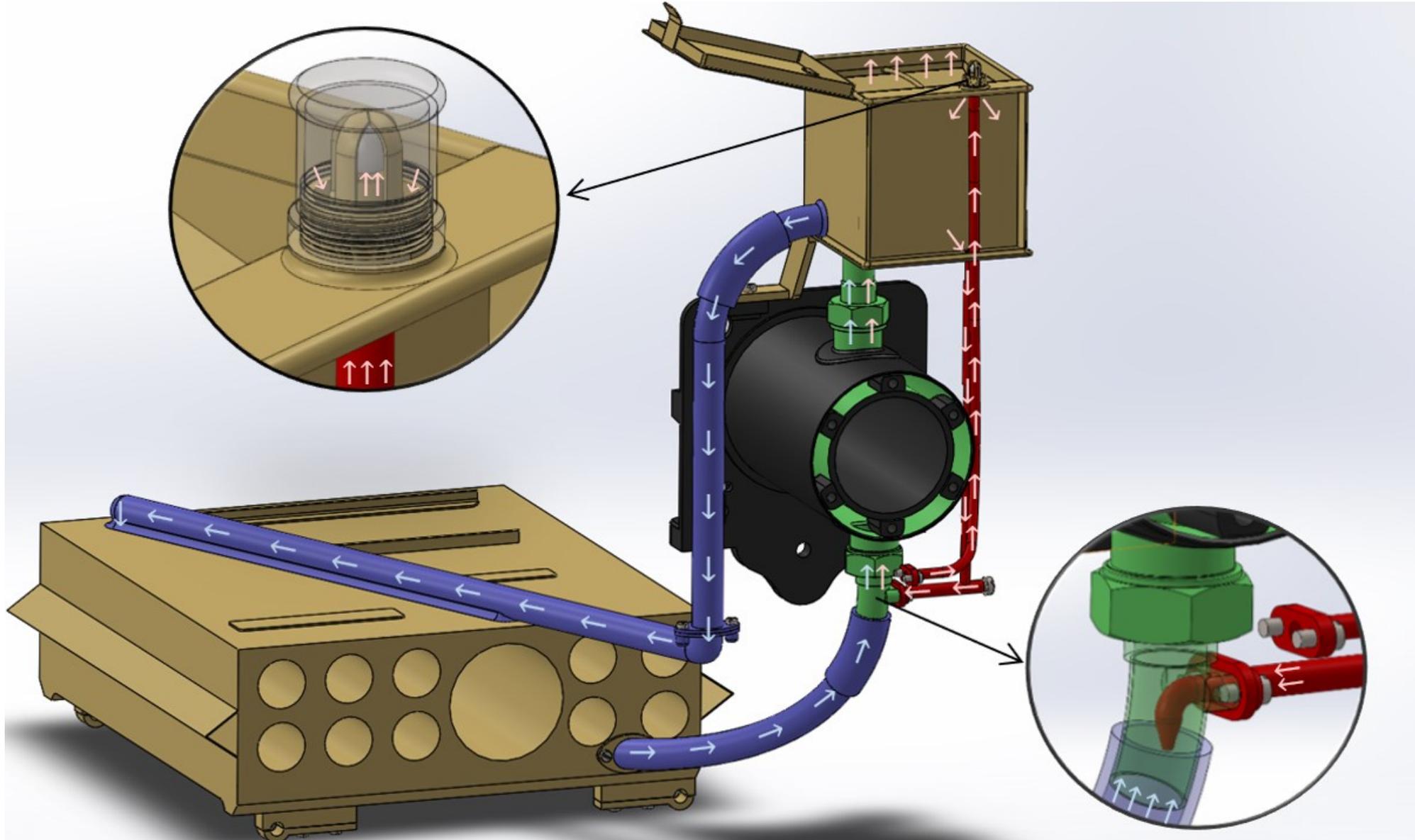
- Il serbatoio tubolare **B**, collocato in basso, è disposto in modo tale da avere i tubi orizzontali rispetto al terreno e consentire ad essi di essere attraversati da una corrente di aria durante l'avanzamento della vettura.
- L'acqua calda entra nel serbatoio attraverso il condotto **ttt**, ed esce fredda per il condotto **sss**.
- Il condotto **ttt** conta diversi elementi: al tubo saldato superiormente al serbatoio inferiore è collegato, tramite l'ausilio di una giunzione a viti, un secondo tubo che a sua volta comunica con un terzo elemento tubolare mediante un raccordo in gomma.



Modello 3D del serbatoio superiore dell'apparato di raffreddamento

- La cassetta **D** aperta superiormente e la scatola ermeticamente chiusa **C**, compongono il serbatoio superiore del sistema di raffreddamento.
- I gas scaricati dal motore penetrano all'interno del tubo **uzx** e, attraversando la valvola unidirezionale sferica **x**, si riversano nella scatola chiusa **C**.
- Dal basso della scatola **C** si estende il tubo **yyy** il quale, penetrando all'interno del condotto **sss**, termina con un beccuccio **e** di piccolo diametro.

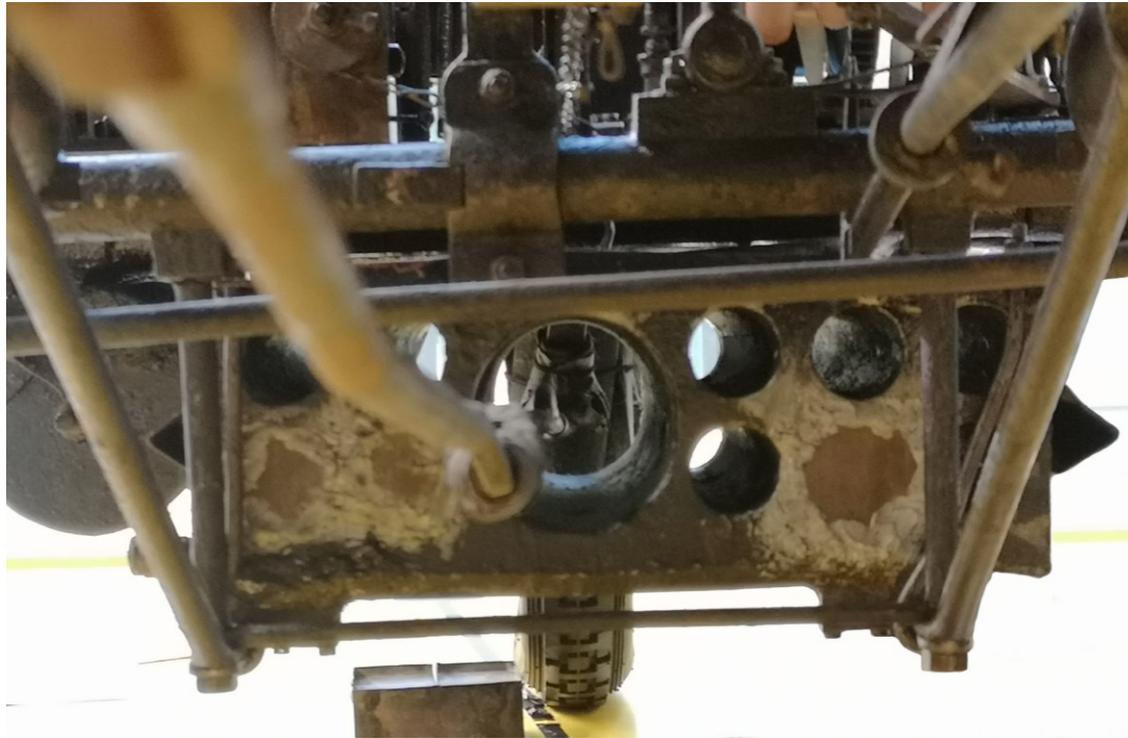
- I gas scaricati dal motore sono intermittenti. La scatola **C** permettendone l'accumulo, consente di rendere continuo il loro flusso attraverso il condotto **yyy** e il beccuccio **e**.
- La pressione all'interno della scatola **C** una volta riempita dai gas, sarà superiore a quella atmosferica.
- Terminata la fase di scarico del motore la valvola **x** si chiude automaticamente per impedire ai gas di attraversare nuovamente il tubo **uzx**. Dunque, i gas sono forzati a discendere per il tubetto **yyy**, e ad uscire per il beccuccio **e** dando origine ad una serie di bollicine aeriformi che risalgono attraverso l'acqua.
- Prima di essere espulsi, i gas di scarico sono costretti ad attraversare una griglia costituita da più lamierini piegati a tegola in modo da far condensare il vapore d'acqua in essi contenuto.
- I gas, mescolandosi all'acqua, generano un fluido che avrà una densità minore rispetto alla sola acqua fredda.
- Ne consegue, quindi, uno squilibrio idraulico grazie al quale l'acqua fredda potrà risalire per **sss** e quella calda discendere per **ttt**. In questo modo è garantita la continua circolazione di acqua all'interno dell'impianto e quindi il raffreddamento del cilindro.





Griglia di lamierini

- La griglia di lamierini che poggia sul cordone di ottone **ff** della cassetta **D** è stata riprodotta grazie al supporto di un disegno tecnico di Bernardi ricavato dall'Archivio.
- Per quanto riguarda la modellazione della porzione inferiore del sistema di raffreddamento sono state necessarie misurazioni condotte presso il Museo.
- Esse sono state ricavate mediante l'ausilio di corda metrica e calibro ventesimale.



Radiatore tubolare posizionato in fondo alla vettura

- Il radiatore di dimensioni $350 \times 400 \times 124$ mm è costituito da dieci tubi di diametro 36 mm e uno da 86 mm.
- Per quanto riguarda lo spessore del serbatoio, non essendo possibile ricavarlo direttamente, è stato ipotizzato essere pari a 2 mm.
- Di più facile accesso è stata invece la rilevazione dello spessore del tubo discendente saldato alla cassetta **D**. Risultato essere pari a 1 mm è stato imposto uguale anche ai tubi costituenti i condotti **ttt** e **sss** in quanto caratterizzati dallo stesso diametro esterno.
- I componenti sono stati riprodotti in ottone e poi verniciati di nero.



*Enrico Bernardi (Verona, 20.05.1841 – Torino,
21.02.1919)*

Il professor Bernardi diede un contributo fondamentale a quello che ha rappresentato uno dei principali ostacoli nello sviluppo delle autovetture.

Egli, sfruttando in modo geniale e creativo una semplice legge fisica, è stato in grado di mantenere attiva la circolazione di acqua all'interno dell'impianto di raffreddamento senza dover ricorrere all'utilizzo di dispositivi di pompaggio.

Dunque, è riuscito a garantire, oltre ad una notevole diminuzione di ingombri, anche un'efficace raffreddamento del motore.