

APPENDICE A

COMPRESSORE ARIA

Il calcolo della portata e della pressione di esercizio del compressore sono una diretta conseguenza della potenza e del tipo di stack impiegato e sono quindi state calcolate durante la fase progettuale.

La potenza assorbita dal compressore, in sede ideale, è stata calcolata utilizzando il lavoro di compressione isoentropico tramite la seguente espressione:

$$P = Q \cdot R \cdot T_1 \cdot \frac{K}{K-1} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(K-1)/K} - 1 \right]$$

Dove:

Q è la portata in massa di aria: 0,007 kg/s

R è la costante universale dei gas: 0,29 kJ/kgK

T₁ è la temperatura dell'aria in ingresso: 298 K

$k = c_p/c_v$: 1,41

P₁ e P₂ sono rispettivamente la pressione dell'aria in ingresso ed in uscita dal compressore: 1 e 1,5 bar

La potenza così calcolata è pari a 260 Watts.

Per considerare le irreversibilità del ciclo reale è stato considerato un rendimento di compressione pari al 45%; è stato infine introdotto il rendimento del motore elettrico necessario per azionare il compressore, il valore ipotizzato è del 80%.

La potenza totale assorbita dalla macchina è quindi:

$$P_{\text{compressore}} = P \cdot h_{\text{ciclo}} \cdot h_{\text{motore}} = 0,26 \cdot 0,45 \cdot 0,8 = 726 W$$

Le specifiche comunicate alle aziende produttrici di compressori al fine di valutare individuare una macchina che potesse assolvere al compito in questione erano così formulate:

- Portata 20,5 Nm³/h
- Kp 1,41
- Temperatura in 25 °C
- Pressione in 1 bar abs
- Pressione out 1,5 bar abs
- Rapporto di compressione 1,5
- Motore elettrico 220 V AC monofase grado di protezione IP 55
- Oil free (<0.1 ppm)
- Filtro aspirazione incluso nel compressore.
- Valvola di sicurezza per sovra-pressione

Data l'estrema delicatezza degli elettrodi è stata inserita la specifica di assenza di olio per la lubrificazione degli organi meccanici del compressore poiché, qualora l'olio dovesse erroneamente entrare nello stack provocherebbe immediatamente dei danni irreparabili.

Come accennato in precedenza, sono state individuate circa cinquanta ditte ed alcune di esse disponevano in catalogo di macchine con le specifiche ricercate.

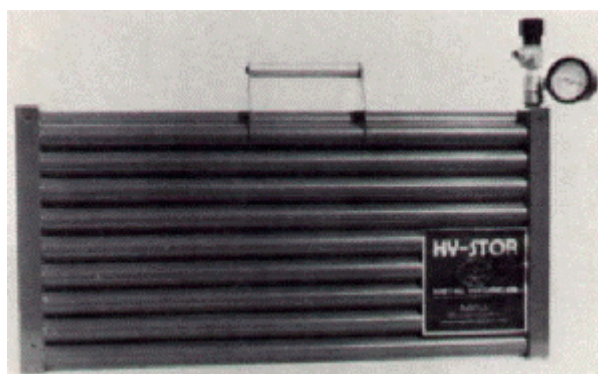
La tipologia ideale è probabilmente quella di una macchina *dinamica* del tipo a palette; alcuni costruttori hanno suggerito di utilizzare una pompa a vuoto collegandola al contrario.

Le tabelle seguenti contengono le informazioni relative alle ditte individuate.

APPENDICE B

IDRURI METALLICI

La *Ergenics* è una delle poche ditte costruttrici che dispone in catalogo di un sistema di accumulo per idrogeno destinato specificamente per alimentare una cella a combustibile.



Oltre al costo decisamente proibitivo, anche le prestazioni sono piuttosto deludenti; la percentuale in peso di H₂ che si riesce ad immagazzinare è circa pari a 0,6 % ancora molto lontana dalle potenzialità di questa tecnologia

Modello: ST-90	
Stored Volume	2550 Nliters
Discharge Pressure	178 kPa in ambient air 1.48 MPa in hot water
Maximum Flow Rate	28 Liters/min
Recharge Time	4 hours in ambient air 45 minutes in 20°C water
Vessel Material	body - stainless steel valve - stainless steel
Dimensions	(60.96cm x 30.48cm x 7.62cm)
Weight	36 kg
Overpressure Protection	Rapture Disc and Relief Valve
Price	\$10,989.00

APPENDICE C

SPECIFICHE FLUIDI

Di seguito sono riportate le caratteristiche dei fluidi imposte dalla De Nora per l'utilizzo dei propri prodotti.

Combustibile	<p>Idrogeno puro:</p> <p>purezza $\geq 99,9995\%$</p> <p>$O_2 \leq 1\text{ppm}$</p> <p>$H_2 O \leq 2\text{ppm}$</p> <p>$N_2 \leq 2\text{ppm}$</p> <p>Idrocarburi assenti</p> <p>CO assente</p> <p>CO_2 assente</p>
Rapporto stechiometrico	1
Pressione di alimentazione	$P_{aria} + \cong 0,5 \text{ bar}$

Ossidante	<p>Aria atmosferica:</p> <p>$CO_2 \leq 0,5\text{ppm}$</p> <p>$H_2 O \leq 3\text{ppm}$</p> <p>Idrocarburi $\leq 0,1\text{ppm}$</p>
Rapporto stechiometrico	$1,5 \div 3$
Pressione di alimentazione	$1,5 \div 4 \text{ bar}$
Temperatura max esausto catodico	70 C°

Appendice

Fluido di raffreddamento	Acqua demi: conduttanza $\leq 20\mu\text{S cm}$ ioni metallici $\leq 100\text{ppb}$ ioni Ca + Mg $\leq 20\text{ppb}$
Portata	0,25 l/(h cella A)
Temperatura in uscita fluido di raffreddamento	45 C°

Fluido di umidificazione	Acqua demi (stesse caratteristiche)
Portata	1 ml/(h cella A)
Pressione di alimentazione	$P_{\text{aria}} + \cong 0,3 \text{ bar}$

APPENDICE D

SCAMBIATORE DI CALORE

Il dimensionamento del circuito di raffreddamento ha rappresentato uno tra gli aspetti più delicati della progettazione a causa del ridotto salto termico disponibile; inoltre tutta la linea deve essere realizzata in acciaio inox per evitare che ioni metallici presenti nel fluido di raffreddamento possano aumentare la conducibilità dello stesso generando un cortocircuito all'interno dello stack.

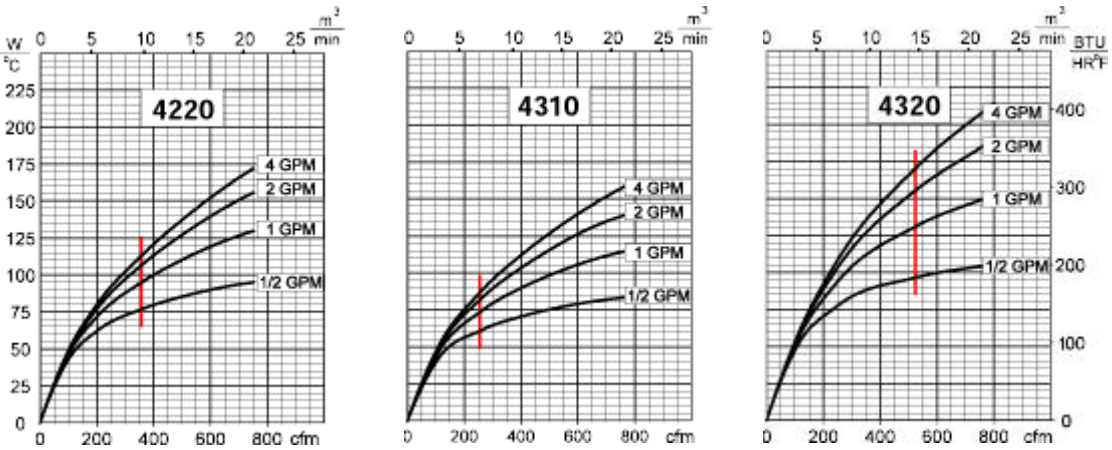
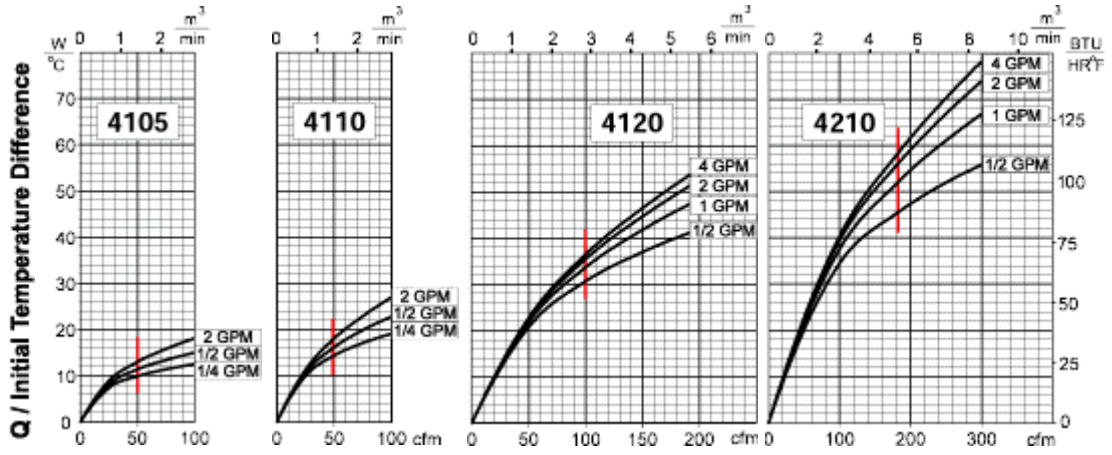
Sono state contattate diverse ditte tra cui la Lytron la quale ha fornito un catalogo molto fornito e dettagliato.

Durante la fase progettuale sono state supposte due ipotesi:

- La prima prevedeva di dover smaltire tutto il calore prodotto dalla reazione unicamente tramite uno scambiatore di calore; utilizzando i prodotti del catalogo Lytron sarebbero stati necessari due scambiatori in parallelo modello 4220 per un ingombro complessivo pari a circa 50 x 50 cm
- Nella seconda ipotesi, utilizzando l'entalpia di vaporizzazione dell'acqua di umidificazione per asportare parte del calore, lo scambiatore di calore risulta essere notevolmente più compatto, sarebbero infatti sufficienti due moduli 4210, sempre collegati in parallelo, con un ingombro complessivo di soli 55 x 23 cm.

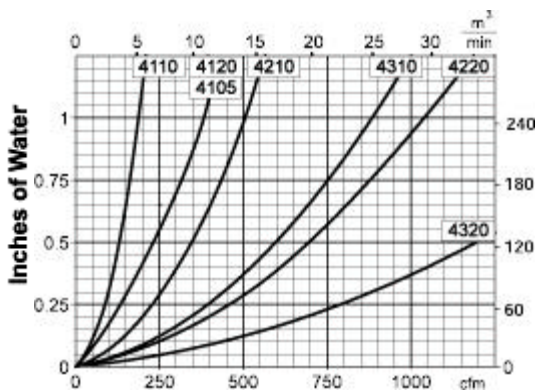
Di seguito sono riportate le specifiche tecniche di alcuni scambiatori prodotti dalla Lytron.

Stainless Steel Tube-Fin Heat Exchanger Performance for Water



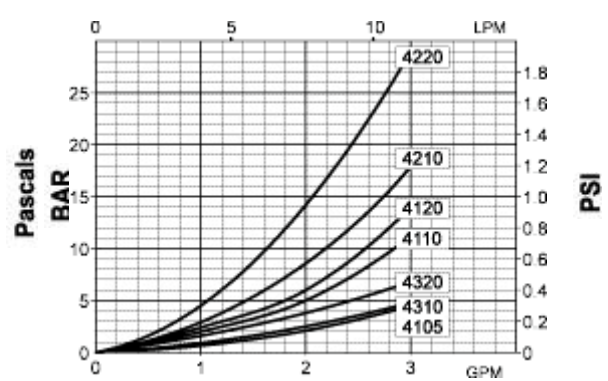
Air Flow

Air Side Pressure Drop



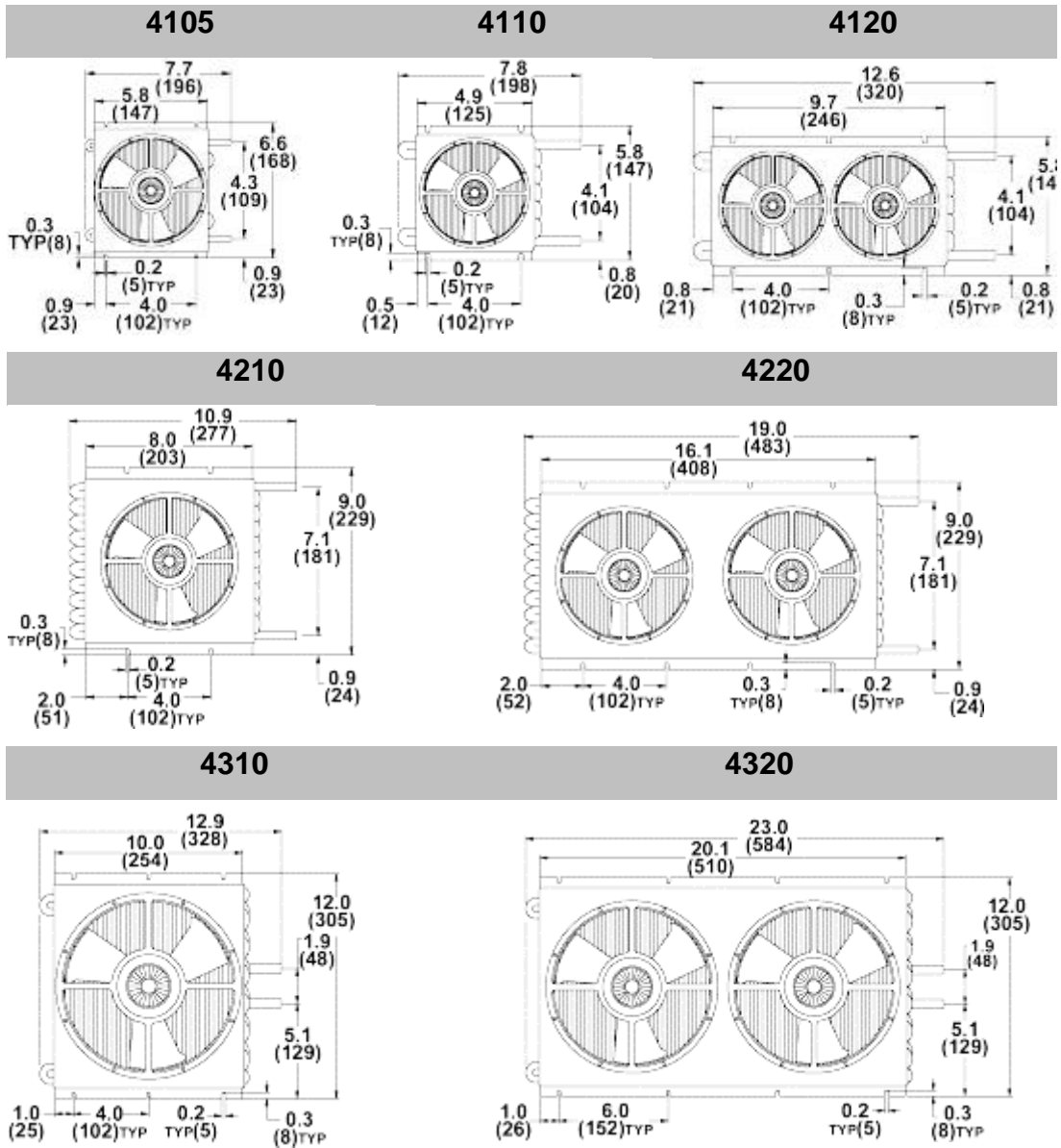
Air Flow

Liquid Side Pressure Drop



Water Flow

Dimensioni



APPENDICE E

NECAR 3

La NECAR 3 è stato il primo esempio di integrazione di un sistema di celle a combustibile su di un veicolo di serie, per quanto esistano delle sostanziali differenze rispetto all'ultimo prototipo realizzato, la NECAR 5, si è comunque deciso di voler inserire in questo elaborato alcuni dati relativi a questa realizzazione poiché sono estremamente esemplificativi delle scelte progettuali ipotizzate dalla Daimler.

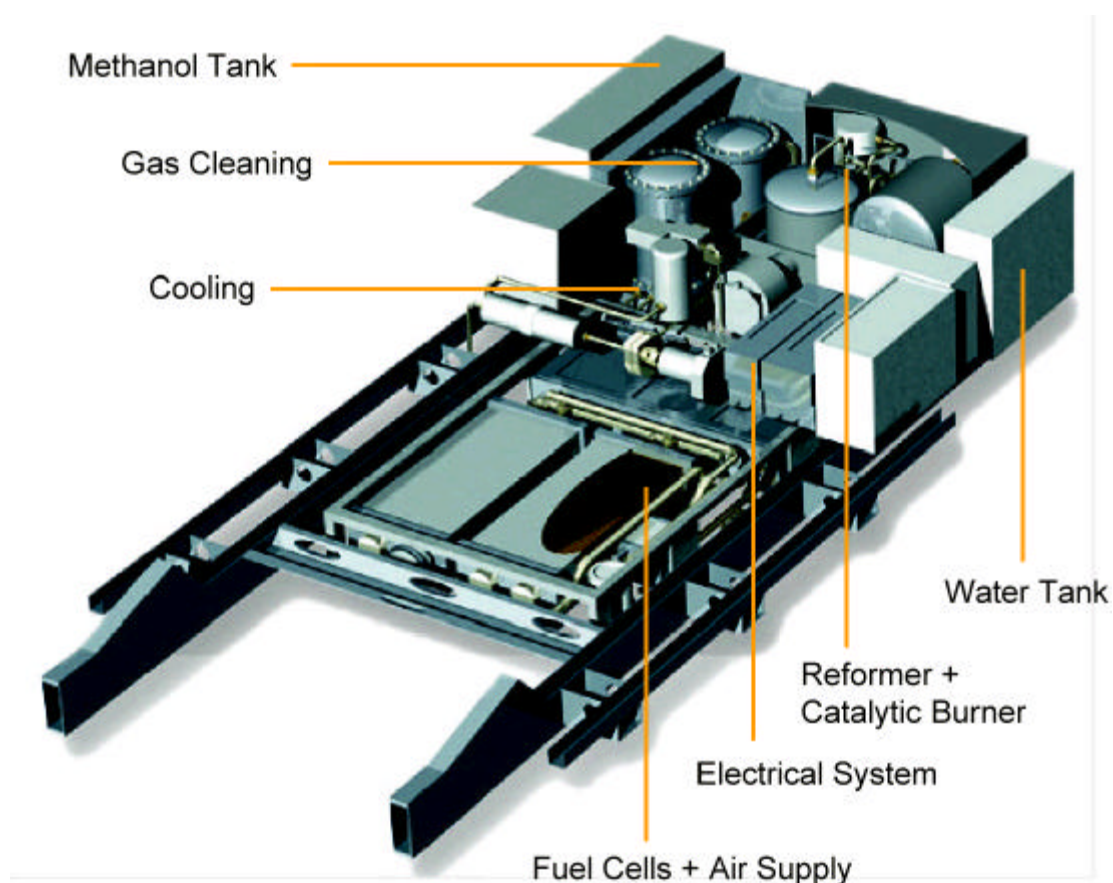


Fig 1 - Lay-out NeCar 3

Sistema celle	Densità di Potenza KW/litro	0,054
	Tensione V	185 - 280
Serbatoio combustibile	Volume l	38
Veicolo	Potenza KW	33 (continua)
	Autonomia Km	400
	Peso lordo veicolo Kg	1750

Tab 1 - Caratteristiche tecniche del prototipo a metanolo NeCar 3