I danni dovuti alla rimozione delle piastre estreme del catodo e i loro rimedi.

Prima del 2021 il catodo era costituito da 4 piastre di rame, ognuna divisa in 6 settori isolati tra loro. La piastra superiore a potenziale flottante, ma sostenuta da mensole che portavano i 6 settori della piastra più alta allo stesso potenziale; la piastra più bassa collegata nello stesso modo e messa allo stesso potenziale della piastra superiore; la finalità di tali due piastre estreme era in origine quella di smaltire il calore tramite circolazione di acqua, ma a causa di svariati incidenti, in cui l'acqua era fuoriuscita, si decise di eliminare il circuito dell'acqua (di cui si vedono nella figura 1 qui sotto i vari moncherini tagliati dei tubi di entrata/uscita). Tuttavia le due piastre estreme facevano anche da limiter per la corrente di plasma emessa dal catodo. Erano poi ovviamente presenti le due piastre intermedie, quelle che reggono i filamenti di Tungsteno, di cui la piastra alta portava nei suoi 6 settori le 6 fasi dell'alimentatore riscaldatore del catodo; mentre i 6 settori bassi costituivano il potenziale di Comune Catodo, essendo messi in contatto da un'anello di ridistribuzione sottostante, visibile nella figura 1.

Figura 1. Il catodo prima di inizio 2021.

Alla fine della fase di riscaldamento, prima del plasma, l'alimentatore del catodo veniva sempre spento ma le 6 fasi dei 6 settori alti restavano a potenziali flottanti e questo ha sempre dato adito a correnti elettriche che fluivano tra le fasi e i trasformatori di uscita dell'alimentatore riscaldatore del catodo, il quale non era in erogazione durante la presenza del plasma.

Nel rimontaggio di inizio 2021 si decise di rimuovere le 2 piastre estreme, come si può vedere in figura 2, per portare il catodo ad una configurazione più simile all'anodo, il quale ha sempre funzionato in modo inappuntabile. Fu inoltre introdotto, sempre nel 2021, un sistema di immissione gas anche sul catodo, chiudendo approssimativamente il retro delle 2 piastre intermedie con un fascione di Teflon dotato di 6 ugelli di immissione gas.

Figura 2. Il catodo a primavera 2022, sono visibili il fascione di Teflon bianco ed alcuni degli ugelli di immissione gas.

Tale scelta non si è purtroppo rivelata giusta, in quanto, venuta meno la funzione di limiter della piastra estrema alta (rimossa), la parte alta della piastra che porta le 6 tensioni catodiche ha scaricato corrente di plasma, non più contenuta da tale piastra estrema alta, si vedano le figure 3 e 4. Ad inizio operazioni nella primavera 2022 l'emissione di correnti plasma è stata ben visibile sulle telecamere e pure evidenziata da un aumento netto delle correnti elettriche che fluivano tra le fasi e l'alimentatore riscaldatore del catodo (spento) durante il plasma. In tale fase iniziale l'emissione di plasma era ben visibile su 3 dei 6 settori, anche dalla parte più lontana dai filamenti di Tungsteno emettitori.
È stato a quel punto interrotta la sperimentazione, dopo 1 sola giornata, e sono stati introdotti 6 teleruttori, i quali (durante il plasma, mentre l'alimentatore riscaldatore del catodo non stava in erogazione) mettevano in corto i 6 settori porta-fase della residua piastra alta con il comune catodo della residua piastra bassa. Un cospicuo miglioramento della situazione è stato ottenuto grazie ai 6 teleruttori: l'emissione di plasma era ridotta solo alla zona della piastra alta in prossimità dei filamenti di Tungsteno emettitori; inoltre le correnti elettriche che fluivano tra le fasi e l'alimentatore (spento) durante il plasma si sono notevolmente ridotte.
Tuttavia svariati malfunzionamenti sono risultati perdurare e sono stati ben visibili solo dopo l'apertura dell'esperimento, avvenuta a fine Giugno 2022, dopo solo 2 giornate di sperimentazione col plasma.

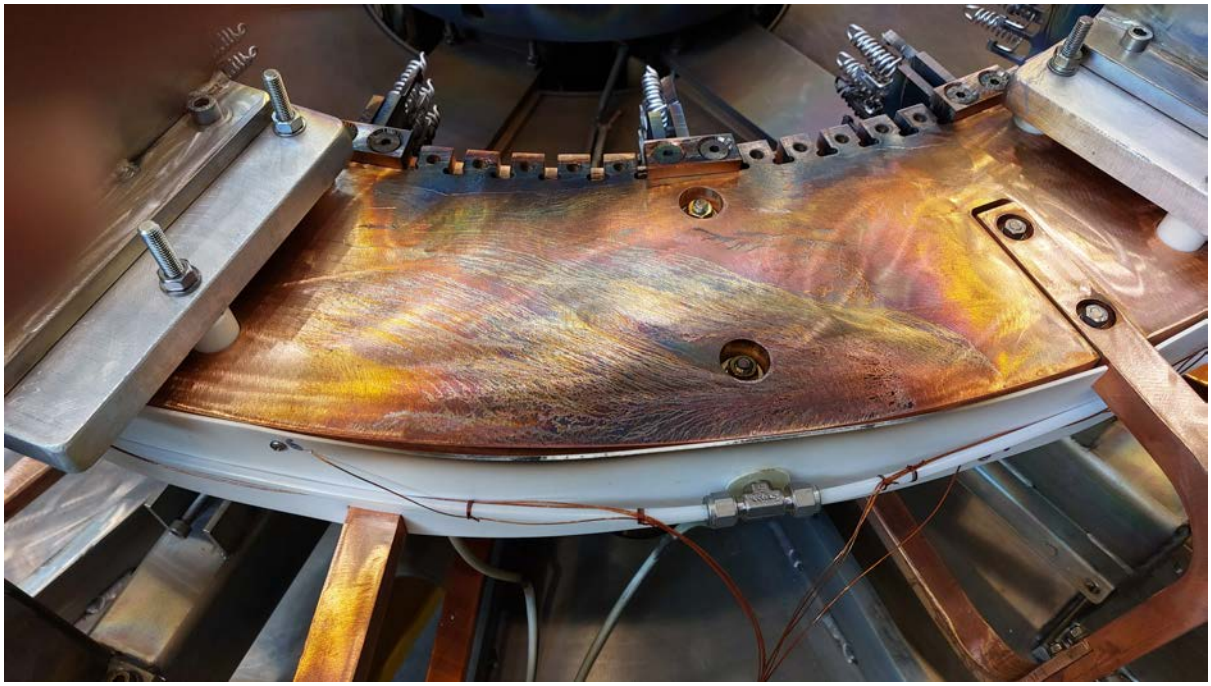

Figura 3. Il catodo dopo le operazioni di plasma della primavera 2022. Sul settore in questione vi è stata emissione di corrente sia nella parte interna (vicino ai filamenti di Tungsteno emettitori) che pure in quella esterna (vicino al Teflon).

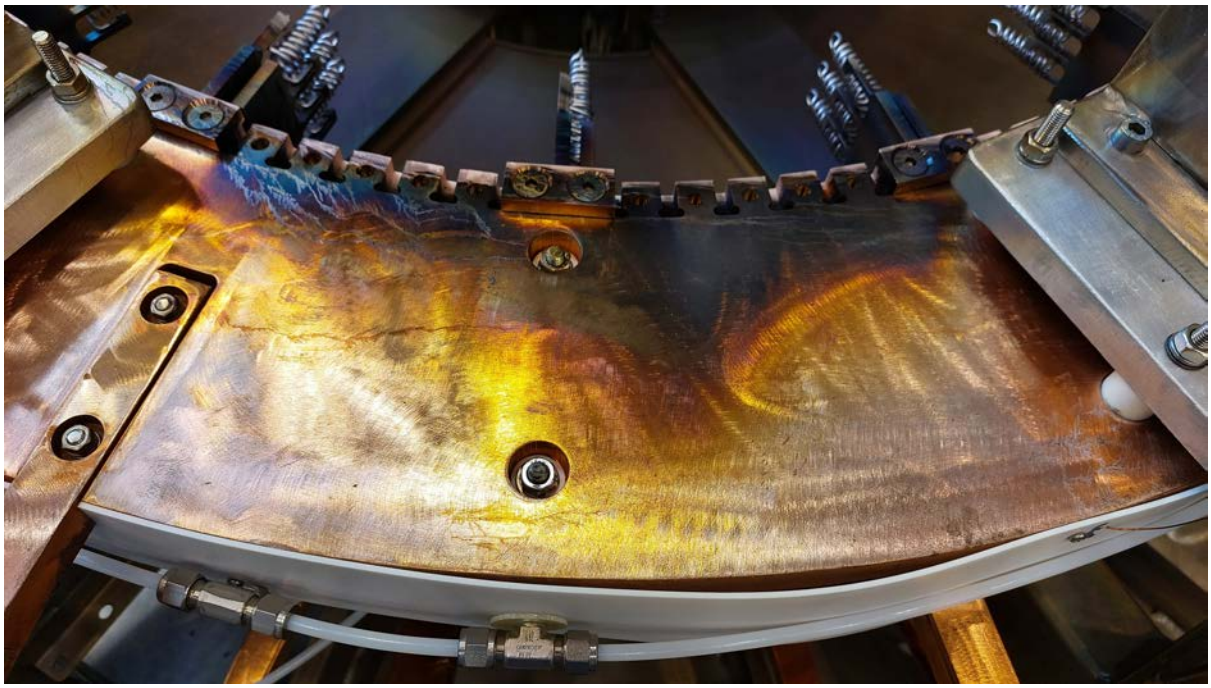

Figura 4. Il catodo dopo le operazioni di plasma della primavera 2022. Sul quest'altro settore in questione vi è stata emissione di corrente solo nella parte interna (vicino ai filamenti di Tungsteno emettitori) ma non in quella esterna (vicino al Teflon).

La principale ragione di tali malfunzionamenti è riconducibile appunto all'emissione di corrente di plasma dalla piastra alta che porta le 6 tensioni catodiche in fase di riscaldamento prima del plasma, infatti il conetto di acciaio che chiude la bobina corrazzata "mirror" PF2 dal lato rivolto verso il catodo è risultato notevolmente danneggiato, vedi figura 5.

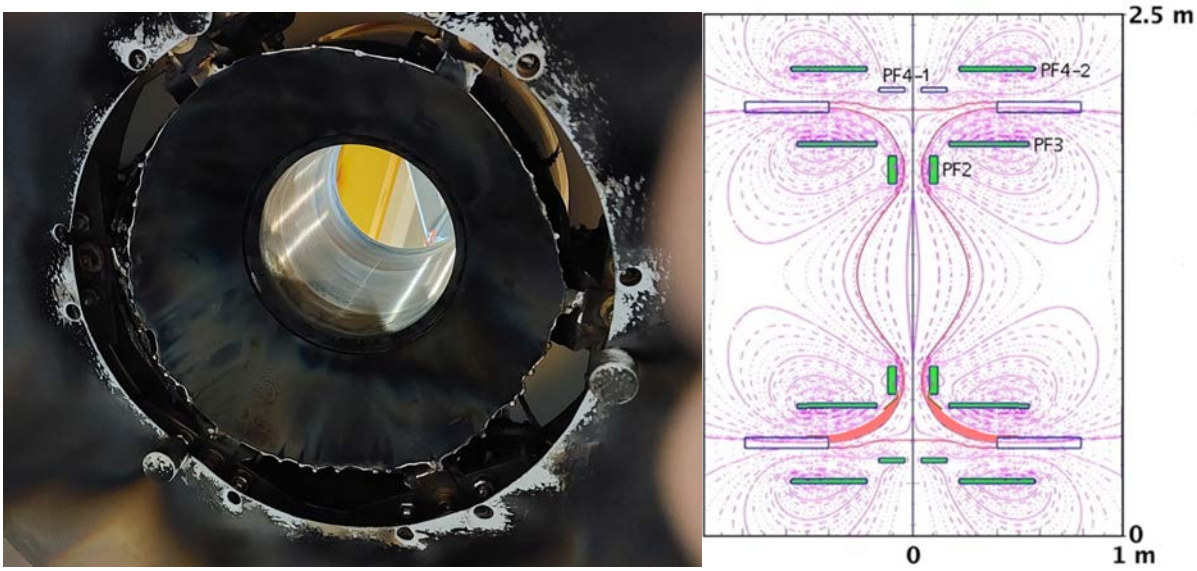

Figura 5. Il conetto che chiude la bobina corazzata PF2 (mirror coil) vista dal lato rivolto verso il catodo dopo le operazioni di plasma della primavera 2022. La corrente di plasma emessa al di sopra della piastra catodica impatta sul conetto catodico.

Ulteriori danneggiamenti dovuti alla mancanza della piastra alta che porta le 6 tensioni catodiche si sono verificati sugli agganci delle bobine PF3 soprastanti il catodo e da esso separati tramite un esteso disco di Teflon: evidentemente parte della corrente di plasma poteva fluire tra il PF2-PF3 (due bobine contigue e elettricamente equipotenziali) e la parte alta della piastra alta che porta le 6 tensioni catodiche, cosa confermata dal fatto che non tutta la corrente di plasma passava attraverso la bobina corrazzata “mirror” PF2 catodica.

Figura 6. Danneggiamenti evidenti su uno degli agganci delle bobine PF3 soprastanti il catodo e da esso separati tramite un esteso disco di Teflon.

I 6 moduli della piastra superiore del catodo a potenziale flottante verranno rimontati per agire da limiter al plasma catodico -figura 7a; un conetto catodico di acciaio con deposizione di allumina capace di coprire meglio la bobina che chiude la bobina corrazzata “mirror” PF2 dal lato rivolto verso il catodo verrà altresì montato -figura 7b. Per ragioni di simmetria alto-basso un analogo conetto di acciaio con deposizione di allumina verrà similmente montato a chiudere l’altra bobina corrazzata “mirror” PF2 sottostante l’anodo.

Figura 7. I moduli delle piastre superiori del catodo a potenziale flottante disponibili per il rimontaggio e il conetto di acciaio con deposizione di allumina sottostante la bobina mirror PF2 catodica, altresì disponibile.

Gli agganci delle bobine PF3 soprastanti il catodo (figura 6) verranno protetti con una guaina isolante di Silicone rosso adatto a sopportare temperature di 250º C, materiale che è già stato usato con successo in altri punti dell’esperimento.
Infine si inseriranno altri 6 teleruttori sulle 6 fasi del catodo, in modo da tenerli in conduzione durante il riscaldamento del catodo stesso, ma da aprire del tutto il collegamento tra ognuno di loro e l’alimentatore riscaldatore del catodo prima che venga innescato il plasma. Si ha fiducia che, grazie all’azione di tutti e 12 i teleruttori (i 6 preesistenti che mettono a comune catodo le 6 fasi e i 6 nuovi che scollegano le sei fasi dall’alimentatore) le correnti elettriche che fluivano tra le fasi e l’alimentatore (spento) durante il plasma vengano praticamente azzerate.

Danno alle colonne di sostegno del gruppo PF2-PF3 catodico e i rimedi

Si è infine nuovamente verificato un danno già avvenuto nel passato, ovvero una scarica elettrica -con fusione dell’acciaio tra le colonne di sostegno del gruppo PF2-PF3 catodico e la virola bassa, componenti che sono ciascuno separato da una singola piastra di vetronite isolante.
Il rimedio per tale danno, che è contenuto nella parte più bassa delle colonne di sostegno del gruppo PF2-PF3 catodico, e che non sembra mai presente sul lato più interno delle colonne, sarà quello di ingabbiare con delle scatole isolanti di lastra di policarbonato da 2 mm un tratto esteso di tali 6 colonne, lasciando il lato interno delle colonne stesse libero per trattenere i 3 lati isolanti di ogni scatola, esterno e laterali. Sembra che non sia necessario introdurre lo stesso trattamento anche alle 6 colonne delle mensole più interne, che si appoggiano sul coperchio basso della macchina e che sostengono il gruppo PF4-catodo, le quali hanno però una doppia piastra di vetronite isolante, vedi figura 9, mentre nel caso delle colonne di

sostegno dell'altro gruppo PF2-PF3 la lastra di vetronite è una sola e porta il potenziale di PF2-PF3 molto vicino alla virola, vedi figura 8.

Figura 8. I danni sulla virola bassa (che sta allo stesso potenziale elettrostatico del coperchio basso della macchina) e le colonne di sostegno del gruppo PF2-PF3 (che stanno al potenziale di tale gruppo). La scarica ha parzialmente ricoperto di metallo la lastra di vetronite isolante.

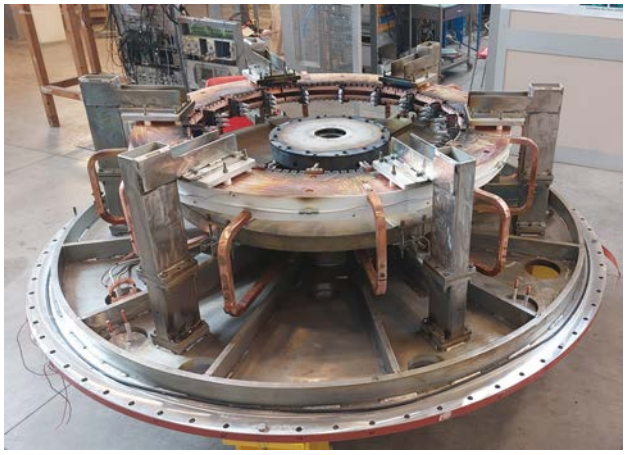

Figura 9. Le colonne di sostegno del gruppo PF4-Catodo sul coperchio catodico dell'esperimento.

Resta da analizzare un eventuale intervento sui "cappelli" delle bobine corazzate "mirror" PF2, che verrà valutato solo dopo il loro smontaggio e ispezione -vedi figura 10.

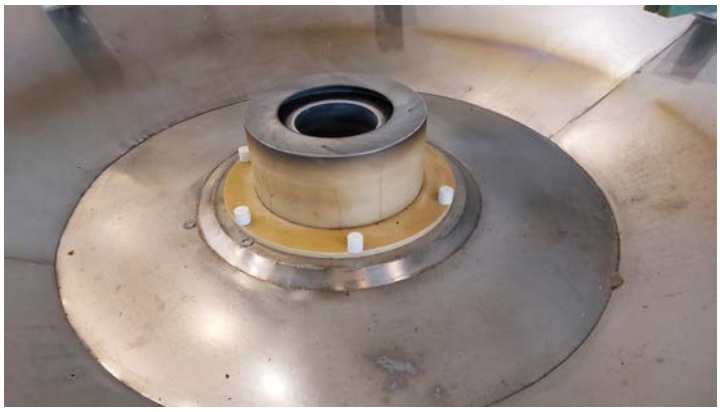

Figura 10. Il "cappello"della bobina corazzata "mirror" PF2, lato catodico.