

2.2.4.1.3 Previsioni di produzione/iniezione

Dal momento che per i giacimenti usati per lo stoccaggio di gas è molto importante la produttività ottenibile a testa pozzo si sono ipotizzati per i pozzi dei completamenti atti a ridurre al minimo le perdite di pressione. Inoltre, poiché le sabbie del livello C sono poco consolidate, si rende necessario l'uso di gravel packs.

Vista la bassa profondità del livello, si è ipotizzato di avere completamenti in OHGP al di sotto del casing di produzione da 9,5/8"; in questo modo si ridurrebbe al minimo il danneggiamento fra pozzo e formazione. La stringa di produzione ipotizzata è di 5", cercando di ridurre allo stretto necessario qualunque restrizione al suo interno (filtro, valvole di sicurezza, alloggiamenti per attrezzature wire line, ecc.).

Le curve delle perdite di carico nel tubing da 5" sono state estratte da un data base ottenuto per diversi diametri, lunghezze e temperature con le correlazioni di Mukherjee-Brill, ipotizzando un pozzo medio con una lunghezza di tubing di 1400 m.

Le previsioni di produzione/iniezione sono state fatte nell'ottica di massimizzare il Working Gas e la capacità produttiva nel corso dello svasso, ottenibile con il minor numero di pozzi.

I pozzi che partecipano allo stoccaggio sono 14; la loro ubicazione è stata oggetto di modifiche durante la simulazione, per massimizzare la portata nel tempo ed è riportata nella figura 1.

Va notato che gli stessi pozzi potranno essere utilizzati ciclicamente per monitorare le pressioni di giacimento nelle diverse fasi delle operazioni di stoccaggio.

Per quanto riguarda i pozzi ancora esistenti (2, 5, 6, 10), il loro utilizzo come pozzi spia viene sconsigliato poiché, essendo completati in altri livelli, necessiterebbero pesanti interventi di work over per ripristinarne l'apertura nel livello C; inoltre dovrebbe essere verificata l'integrità del casing di produzione da 6,5/8", dopo circa cinquanta anni di vita: se ne consiglia pertanto la chiusura mineraria.

Con particolare riferimento alla situazione meccanica di questi pozzi e alla simulazione effettuata, si ritiene che il livello C sia esaurito; sono pertanto nulle le riserve residue al 1/1/2002.

E' stato individuato un "caso base" (CASO 1) di stoccaggio con pressione massima di giacimento in ricostituzione non superiore alla pressione originale di giacimento e pressione minima di testa pozzo $FTHP_{min}=75$ BARa.

E' stato studiato anche un caso (CASO 2) con pressione minima di testa pozzo $FTHP_{min}=45$ BARa.

E' stato inoltre studiato un caso (CASO 3) con pressione minima di testa pozzo $FTHP_{min}=45$ BARa nel primo ciclo di build up del cushion gas, progressivamente innalzata a $FTHP_{min}=75$ BARa al quarto anno di esercizio dello stoccaggio.

Le modalità di esercizio della centrale di Cornegliano sono ipotizzate come segue:

portata di picco durante lo svasso: 16.5 M SM³/g;

portata minima della centrale nei cicli di produzione: 1.5 M SM³/g;

pressione di esercizio della centrale nel "ciclo normale": 75 BARa;

pressione di esercizio della centrale nel "ciclo di emergenza": 45 BARa;

portata massima teorica di iniezione: 16.5 M SM3/g;

Per tutti i casi studiati la portata massima di acqua per pozzo è stata stabilita in 10 M3/g. Per evitare l'accumulo di liquidi all'interno delle stringhe di produzione, che porterebbe i pozzi ad autocolmarsi in caso di produzione di acqua, si è considerata, secondo letteratura (Turner et alii, JPT Nov.1969 pp.1475 e segg.), una portata minima di pozzo di 19000 SCMPD, con $thp=75$ BARa e di 145000 SCMPD con $thp=45$ BARa.

In generale, i pozzi sono messi in produzione con portate proporzionali alla loro massima potenzialità, nei limiti della portata massima richiesta.

Nel corso delle simulazioni le caratteristiche del gas iniettato sono state considerate identiche a quelle del gas originale di giacimento.

2.2.4.1.3.1 Casi di stoccaggio

I casi di stoccaggio esaminati sono descritti qui di seguito e sono riepilogati in Tab.3, Tab.4 e Tab.5.

2.2.4.1.3.1.1 CASO 1 (Caso base di stoccaggio, $Thp_{min}=75$ BARa)

Il caso base, che utilizza i pozzi aperti contemporaneamente alla produzione con portate proporzionali alla loro massima potenzialità, considera le modalità di esercizio, già indicate ed una pressione massima di giacimento in ricostituzione non superiore alla pressione originale di giacimento. Per evidenti ragioni economiche, la ricostituzione alla pressione originale di giacimento viene effettuata in tre anni, durante i quali si inizia lo svaso per quantità di gas ridotte, rispetto a quelle di regime.

Le simulazioni effettuate si riferiscono a 18 cicli di produzione e di stoccaggio. La pressione media del livello C nel corso dello stoccaggio è riportata in Fig. 14. L'andamento dello stock nel tempo è riportato in Tab. 3 e in Fig. 15.

Questa figura mostra chiaramente una isteresi, peraltro prevedibile, in quanto parte dell'energia fornita durante la ricostituzione viene via via impiegata per ripressurizzare l'acquifero, che risponde più lentamente della zona a gas. Si osserva che il quantitativo di gas producibile nelle fasi di svaso decresce nel tempo, fino a stabilizzarsi negli ultimi anni. Si è pertanto deciso di riferire le curve di erogabilità del campo al nono ciclo di produzione (con inizio al 1/11/2014).

La curva di erogabilità media di esercizio di campo per il ciclo normale ($Thp_{min}=75$ BARa), con portate dei pozzi sufficienti a mantenere una portata di campo a plateau per circa il 40% dello svaso è riportata in figura 17; sulla stessa figura sono anche riportate la curva di erogabilità media per il ciclo di emergenza con $thp_{min}=45$ BARa e la portata di picco massima ottenibile dal campo durante lo svaso.

L'esame della figura 16 mostra che, a fronte di una portata di esercizio di 13 MSM3 di gas durante la fase iniziale dello svaso, l'extra capacità disponibile per richieste di punta diminuisce con lo svaso cumulativo, partendo da un massimo di 3.5 MSM3; Tuttavia, quando il campo non può più sostenere la portata d'esercizio, si potrebbe far fronte a ulteriori richieste abbassando la pressione di testa di alcuni pozzi a 45 BARa e comprimendo il gas così prodotto, alla pressione del metanodotto.

Il Working Gas risulta essere di 1011 M SM3 per il ciclo normale e 1337 M SM3 per il ciclo di emergenza; lo svasso alla fine del plateau di produzione (13 M SM3/g) risulta 390 M SM3 per il ciclo normale e 582 M SM3 per il ciclo di emergenza.

La Fig. 17 riporta l'andamento della produzione giornaliera e cumulativa, riferita al nono ciclo di svasso (stagione 2014-2015).

2.2.4.1.3.1.2 CASO 2 (Thp min.=45 BARa)

Questo caso, derivato dal CASO 1, è stato studiato solo per fornire indicazioni sulla convenienza a gestire lo svasso nella fase iniziale della ricostituzione con pressioni minime di testa pozzo di 45 BARa.

Tuttavia, per evitare che continui cicli di iniezione/stoccaggio con differenziali di pressione intorno a 115 BAR possano creare nel lungo termine dei problemi di mancanza di tenuta dell'argilla di copertura non si raccomanda questa modalità per tutto l'esercizio dello stoccaggio, almeno fino a quando tests di threshold pressure in condizioni di stress alternati, condotti sulle argille, non dimostrino altrimenti.

Le simulazioni effettuate si riferiscono a 20 cicli di produzione e di stoccaggio. L'andamento dello stock nel tempo è riportato in Tab. 4 e in Fig. 18.

Si vede chiaramente una isteresi, con working gas variabile da 1391 M SM3 a 1163 M SM3.

Il Working Gas al nono ciclo di svasso (anno 2014/2015) risulta essere di 1287 M SM3; lo svasso alla fine del plateau di produzione (13 M SM3/g) risulta 582 M SM3.

2.2.4.1.3.1.3 CASO 3 (Thp min.=45 BARa inizialmente, poi Thp min.=75 BARa)

Questo caso, che consiste in una combinazione dei due casi precedentemente illustrati, vuole fornire indicazioni pratiche sull'avviamento dello stoccaggio. Infatti si basa sulla seguente ipotesi di lavoro, che prende spunto dalla presenza di una linea SNAM a bassa pressione:

Prima build up del cuscano, con thp max in iniezione di 85 BARa, seguita da uno svasso con portata massima limitata a 6 M SM3/g, con thp min 45 BARa (si suppone che la linea SNAM sia in grado di ricevere questa portata a bassa pressione);

Seconda build up del cuscano, con thp max in iniezione di 105 BARa, seguita da uno svasso con portata massima di 9 M SM3/g, con thp min 45 BARa (6 M SM3/g direttamente nella linea SNAM a bassa pressione e 3 M SM3/g compressi per portarli nella linea SNAM ad alta pressione, 75 BARa);

Terza build up del cuscano, con thp max in iniezione di 125 BARa, seguita da uno svasso con portata massima di 10 M SM3/g, con una parte dei pozzi a thp min 75 BARa e l'altra a thp min 45 BARa (4 M SM3/g direttamente nella linea SNAM ad alta pressione e 6 M SM3/g compressi per portarli nella stessa linea SNAM ad alta pressione);

Quarta build up del cuscano, con bhp max in iniezione di 161 BARa, seguita da uno svasso con portata massima di 12 M SM3/g, con tutti i pozzi a thp min 75 BARa ;

Quinto ciclo a regime, con portata massima 13 M SM3/g e thp min 75 BARa.

Le simulazioni effettuate si riferiscono a 19 cicli di produzione e di stoccaggio.

L'andamento dello stock nel tempo è riportato in Tab. 5 e in Fig. 19.

Il Working Gas al nono ciclo di svaso (anno 2014/2015) risulta essere di 1006 M SM3 per il ciclo normale e 1332 M SM3 per il ciclo di emergenza; lo svaso alla fine del plateau di produzione (13 M SM3/g) risulta 390 M SM3 per il ciclo normale e 582 M SM3 per il ciclo di emergenza .

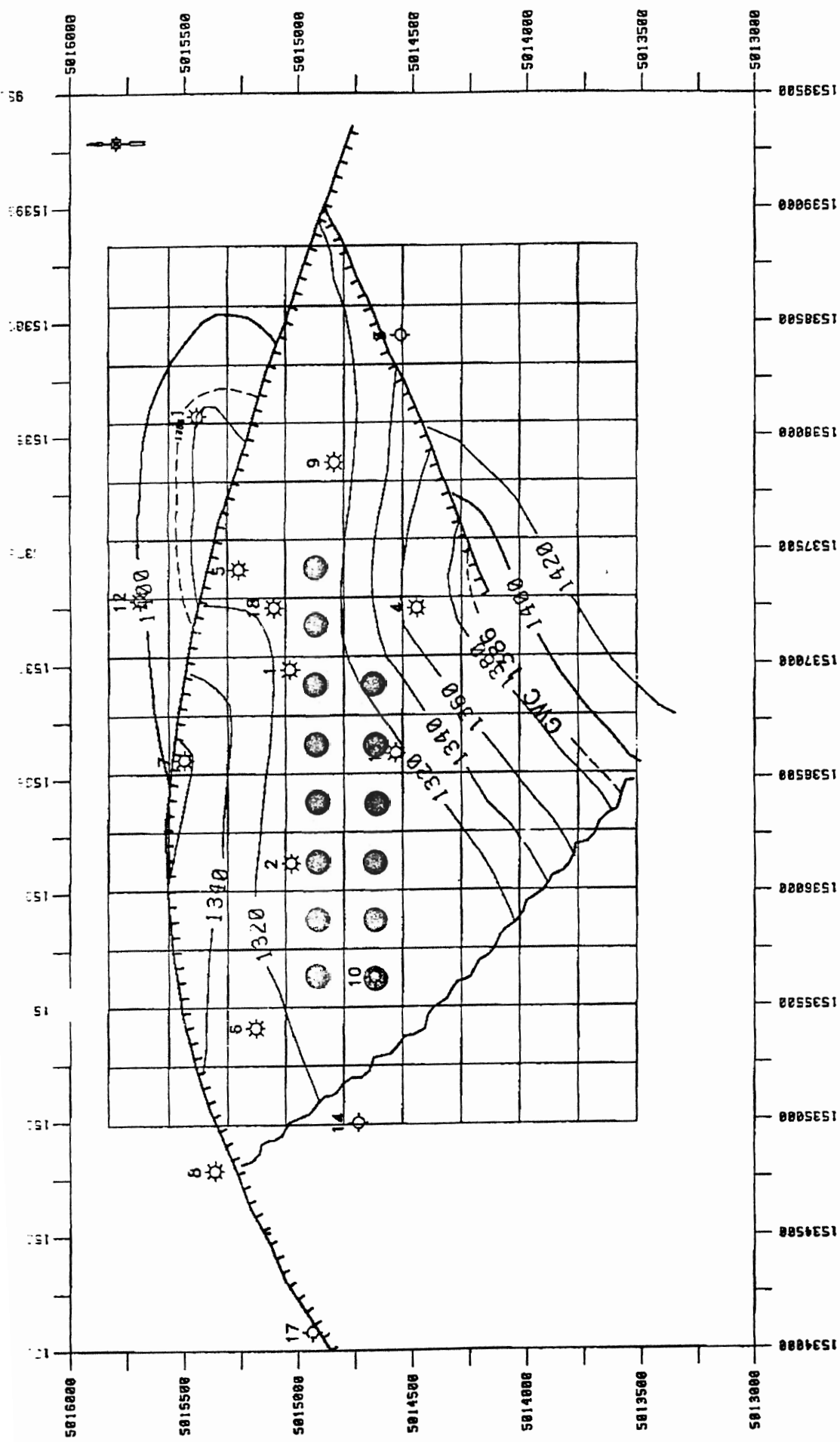
2.2.4.2 Riserve residue dopo l'ultimo svaso

Per quanto riguarda le riserve residue, queste sono state calcolate alla fine dell'ultimo svaso con thp min di 75 BARa del CASO 1, assumendo di ricompletare i pozzi con stringhe da 2,7/8 (per evitare fenomeni di autocolmatazione in caso di produzione di acqua) e di ridurre la pressione di testa a 45 BARa e, successivamente a 15 BARa.

In questo caso i pozzi sono messi in erogazione con portate proporzionali alla loro massima potenzialità, considerando una portata massima di campo iniziale di 3 M SM3/g e di 1.5 M SM3/g dopo la diminuzione della contro pressione a 15 BARa; la portata minima di pozzo è stata assunta di 10000 SM3/giorno; la portata minima di campo è stata fissata in 50000 SM3/giorno.

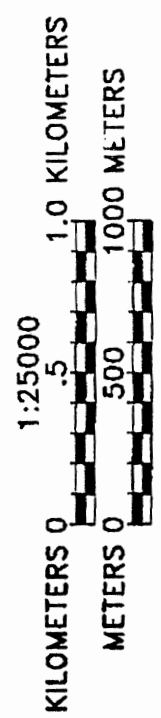
Le Riserve residue, così calcolate, alla data del 1/5/2024, sono di 1028 M SM3.

I risultati della simulazione sono riassunti in Tab. 6 e in Fig. 20.



CAMPO DI CORNEGLIANO
 MAPPA IN PROFONDITA'
 TOP DEL LIVELLO C

1:25000
 ECOPETROL S.r.l. 17-lug-2002
 Fig. 1



— CORNEGLIANO — CASO 1 — andamento dello stock nel tempo

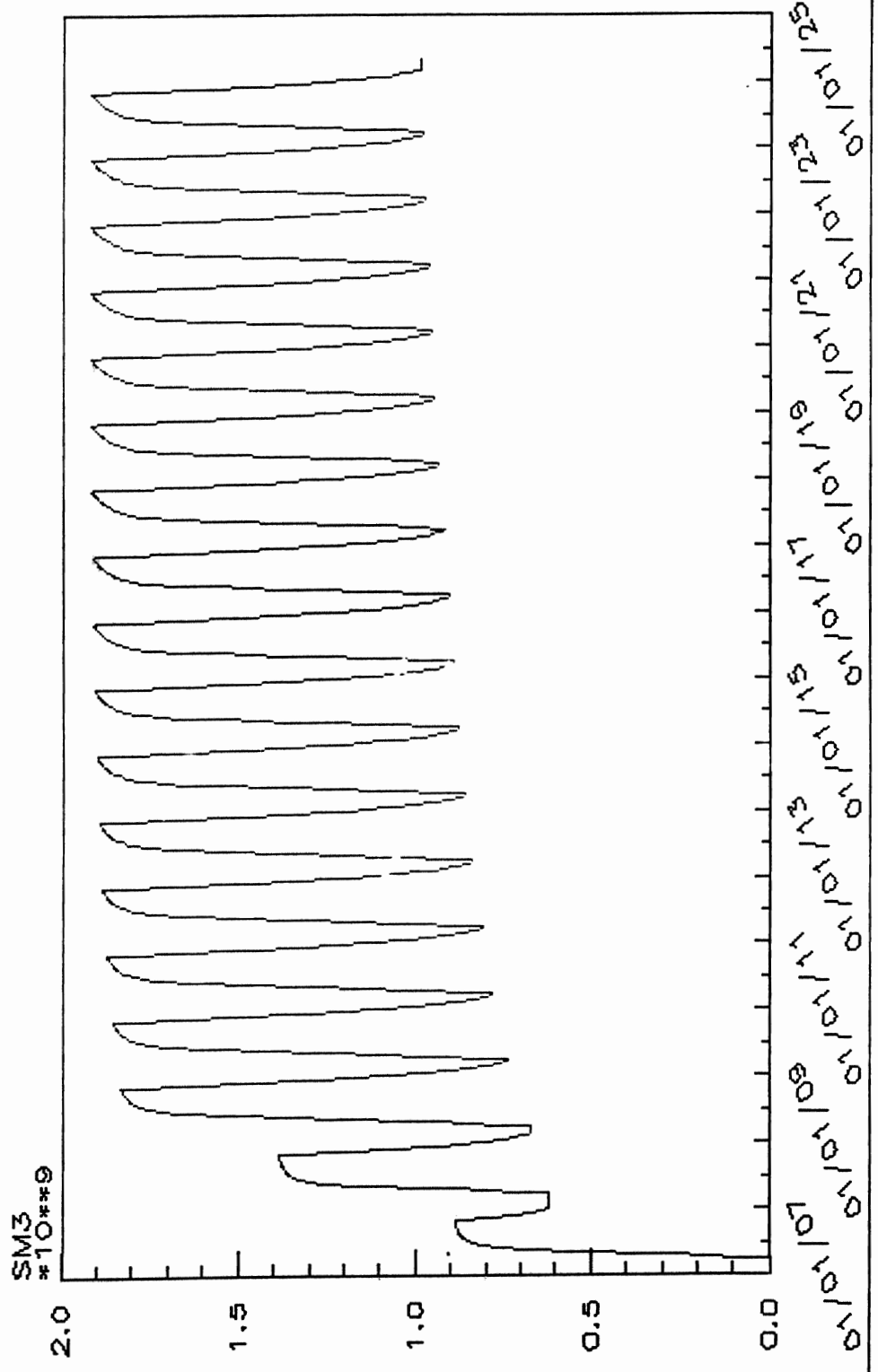


Fig. 14

— CORNEGLIANO - CASO 1 - Pressione media livello C nel tempo

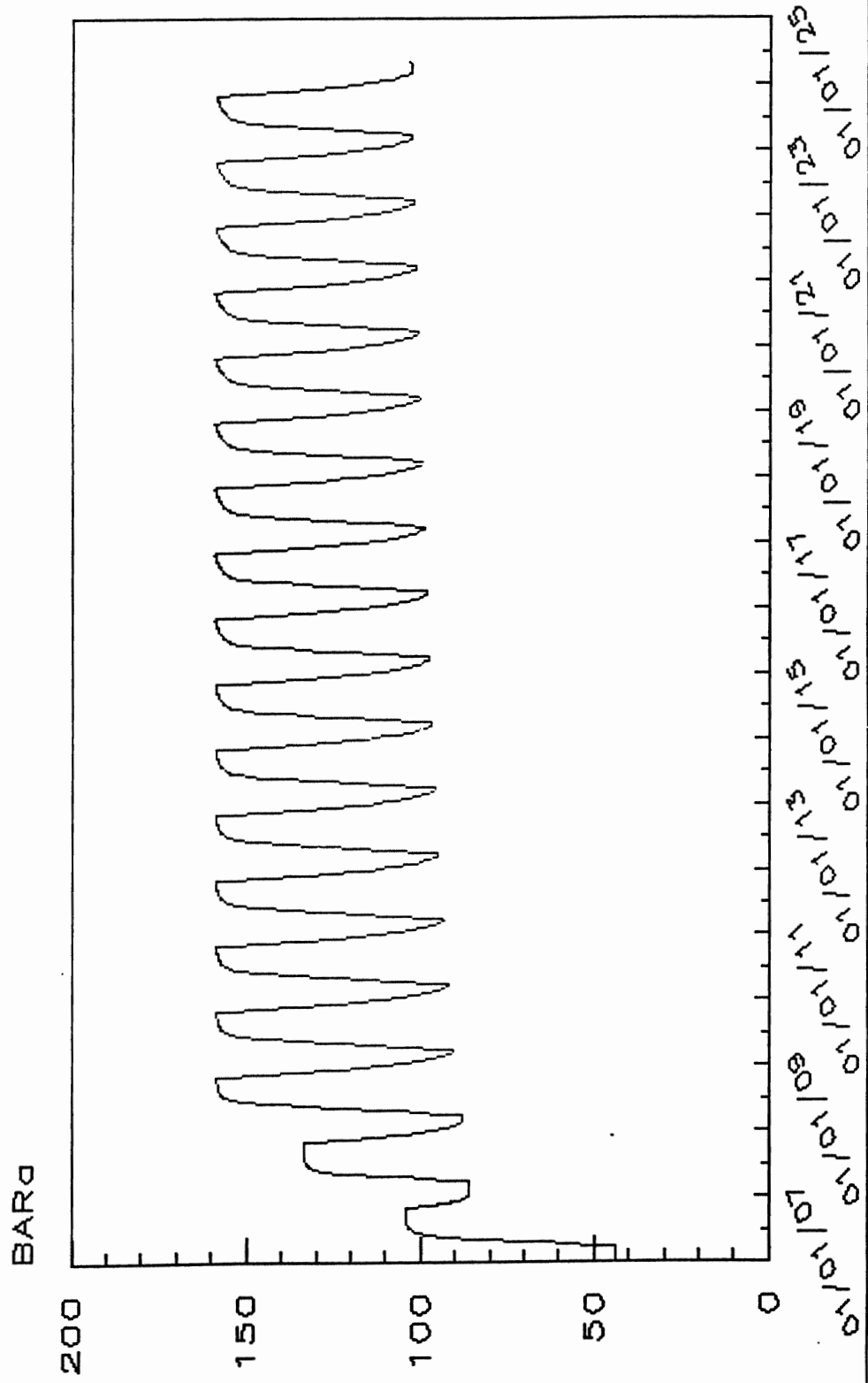


Fig. 16

— CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' max ciclo norm. (THPmin 75 BARa)
 — CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' ciclo di emerg. (THPmin 45 BARa)
 — CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' ciclo normale (THPmin 75 BARa)

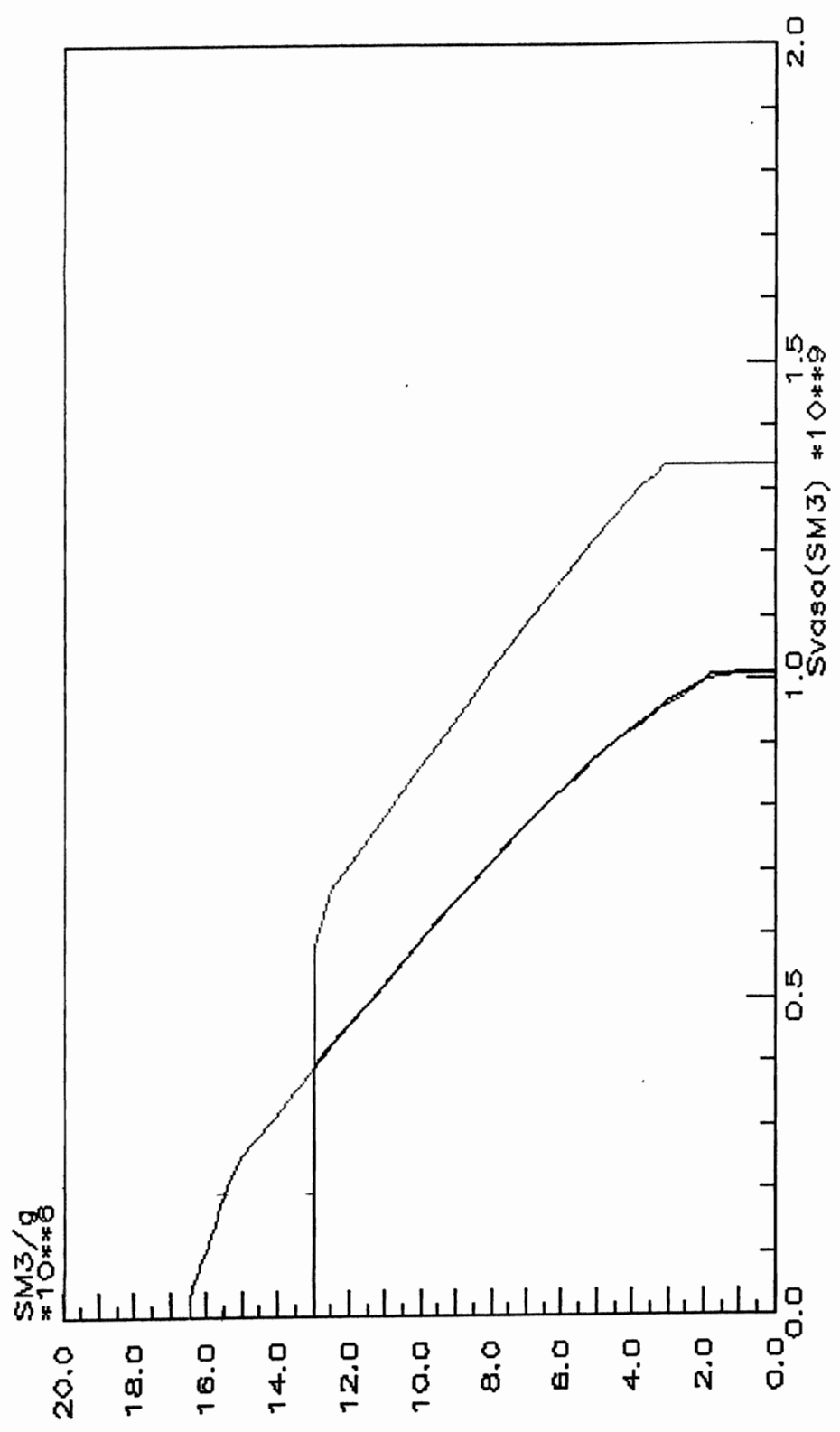


Fig. 16

— CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' max ciclo norm.(THPmin 75 BARa)
 — CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' ciclo di emerg.(THPmin 45 BARa)
 — CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' ciclo normale (THPmin 75 BARa)

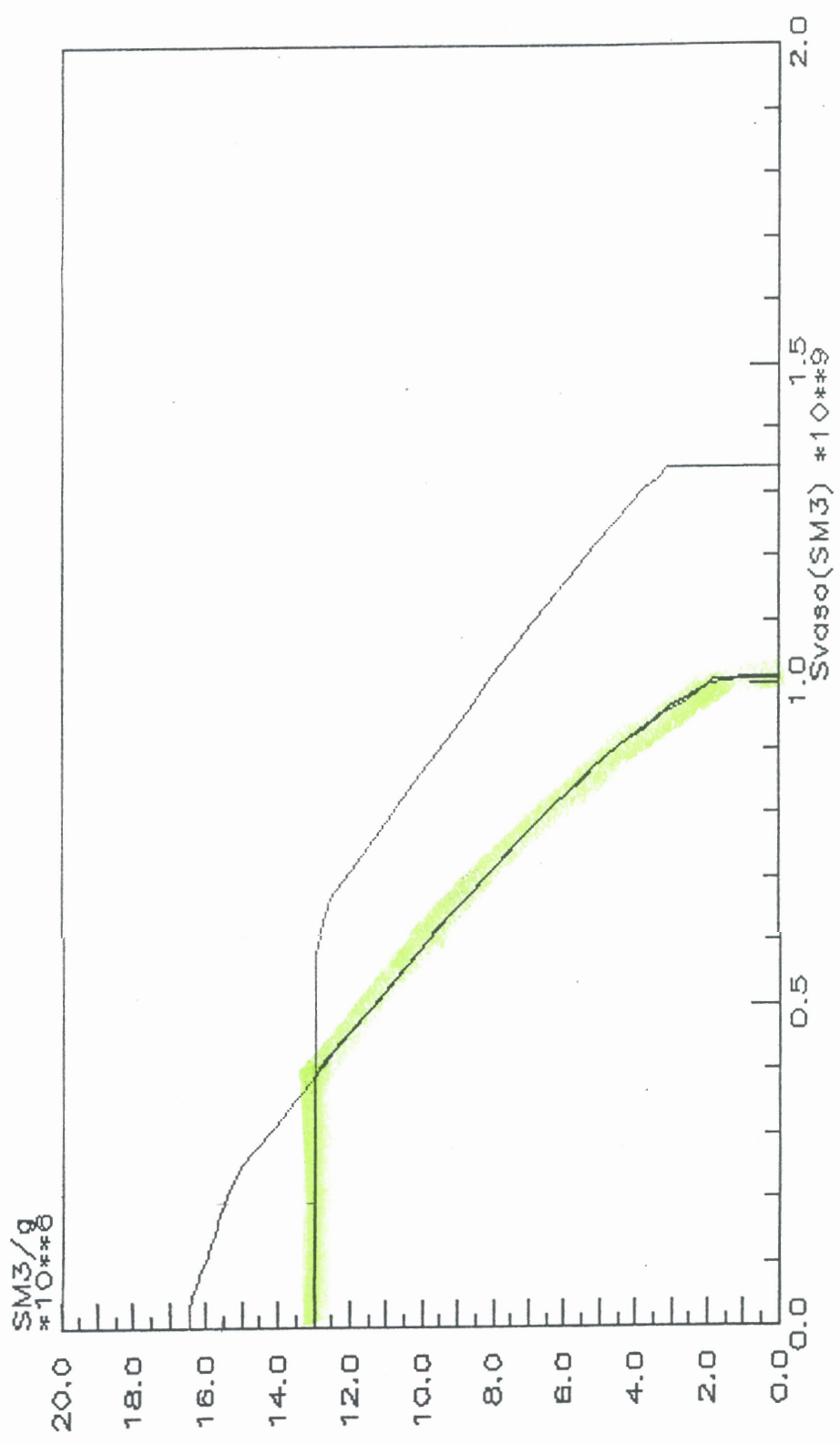


Fig. 16

— CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' max ciclo norm. (THPmin 75 BARa)
 — CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' ciclo di emerg. (THPmin 45 BARa)
 — CORNEGLIANO — CASO 1 — Erogabilita' ciclo normale (THPmin 75 BARa)

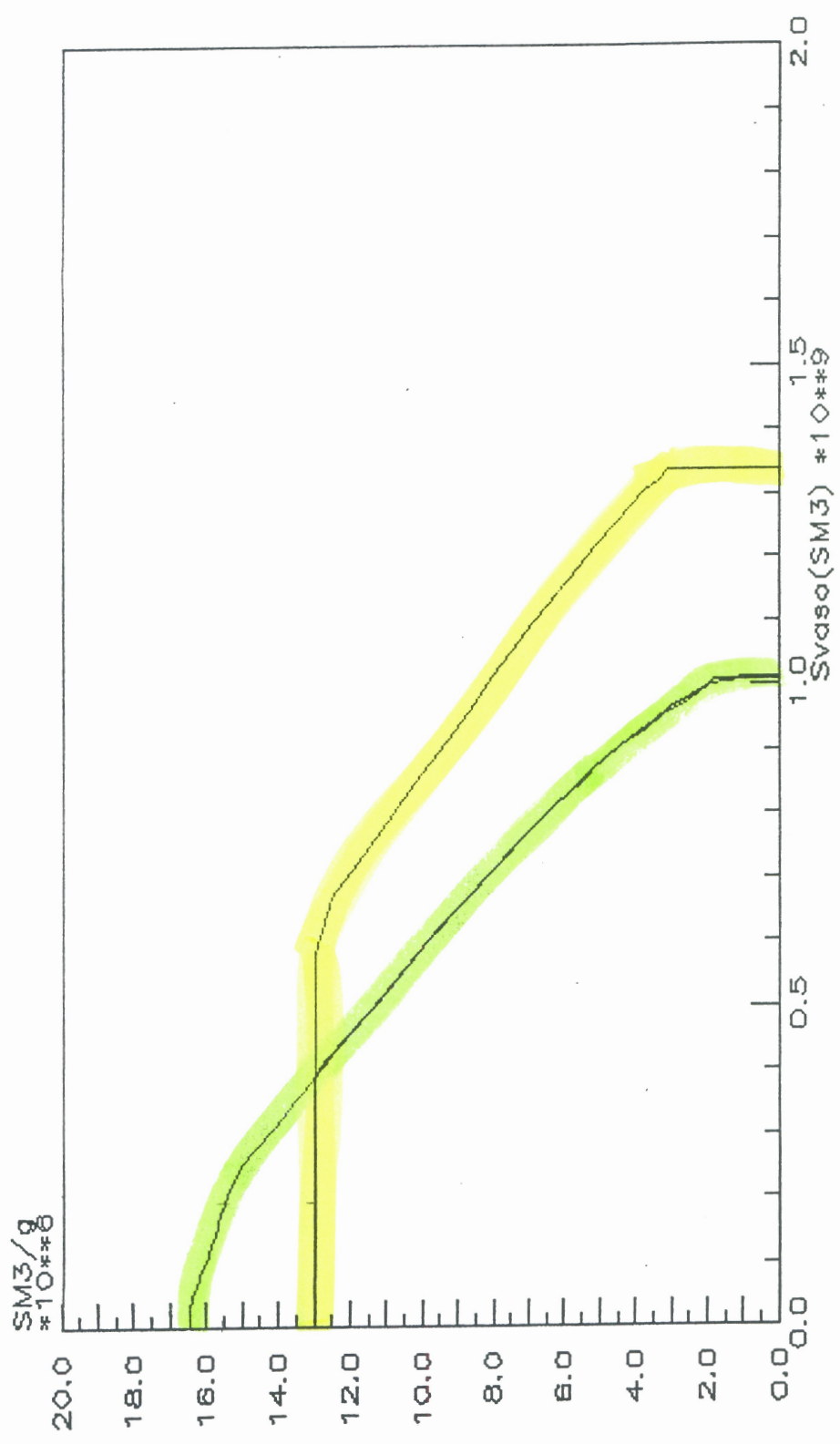


Fig. 16

— CORNEGLIANO - CASO 1 - Portata giornaliera (nono ciclo di erogazione)
— CORNEGLIANO - CASO 1 - Portata cumulativa (nono ciclo di erogazione)

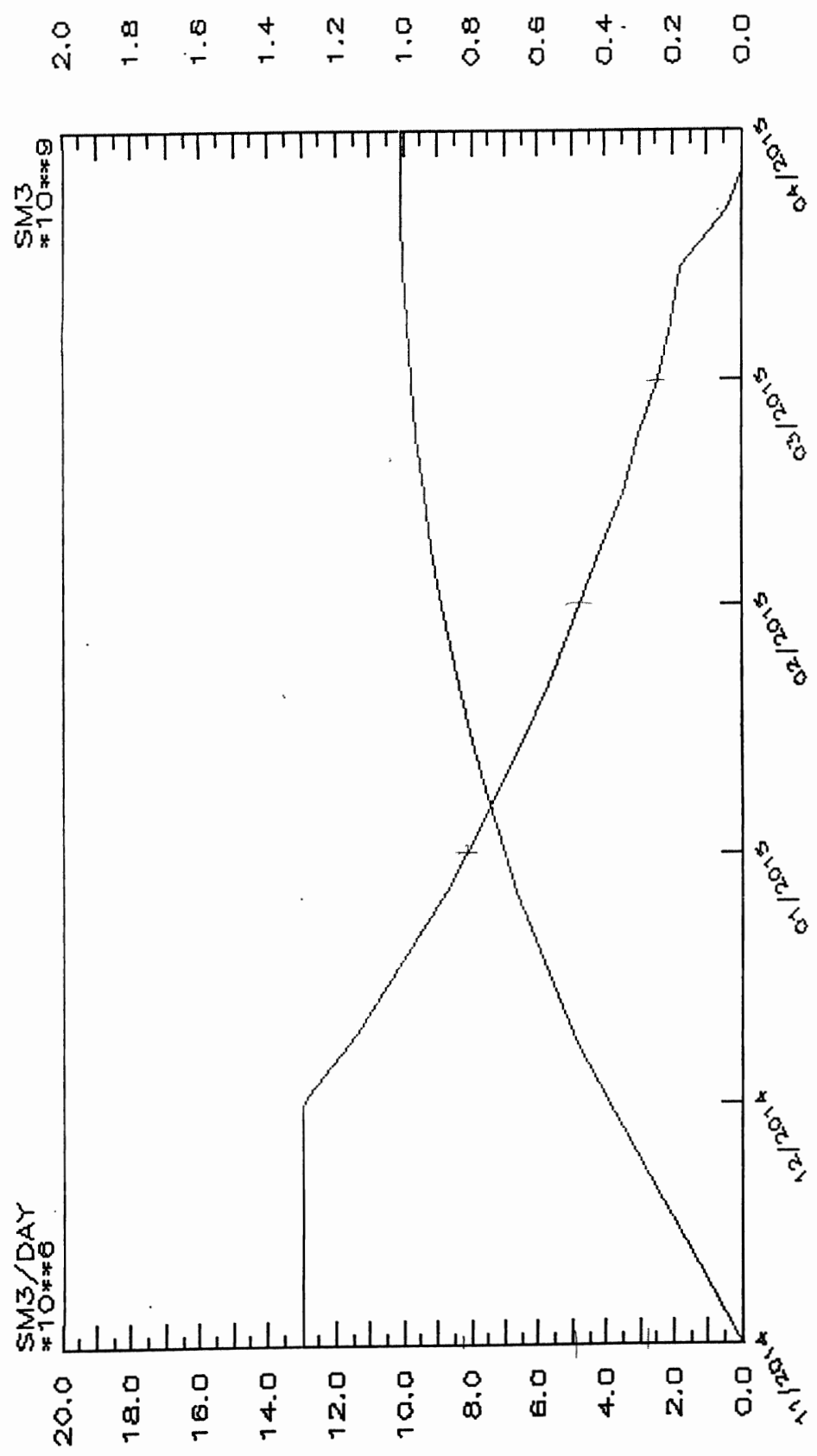


Fig. 17

0

— CORNEGLIANO — CASO 2 — andamento dello stock nel tempo

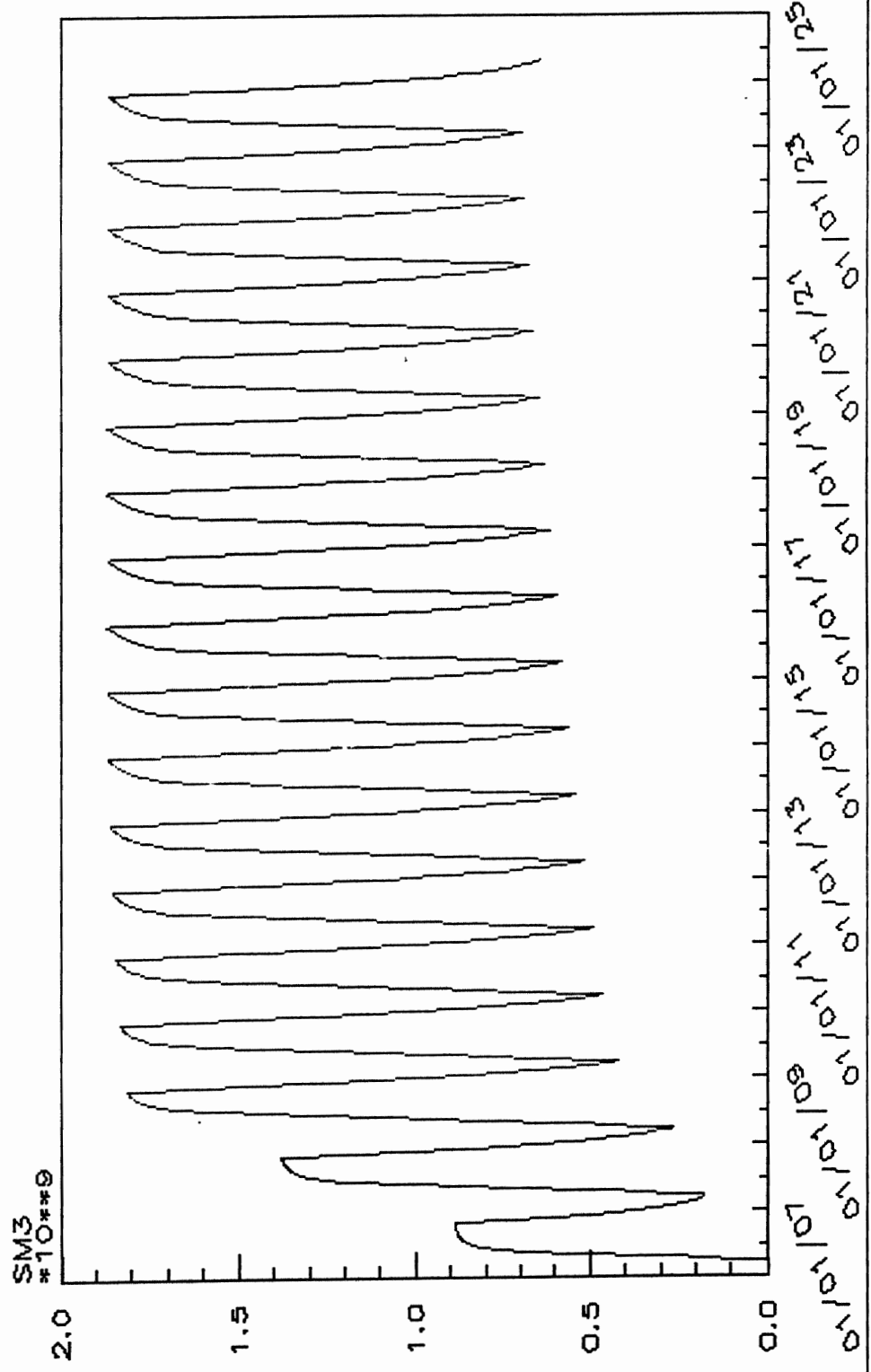


Fig. 18

— CORNEGLIANO — CASO 3 — andamento dello stock nel tempo

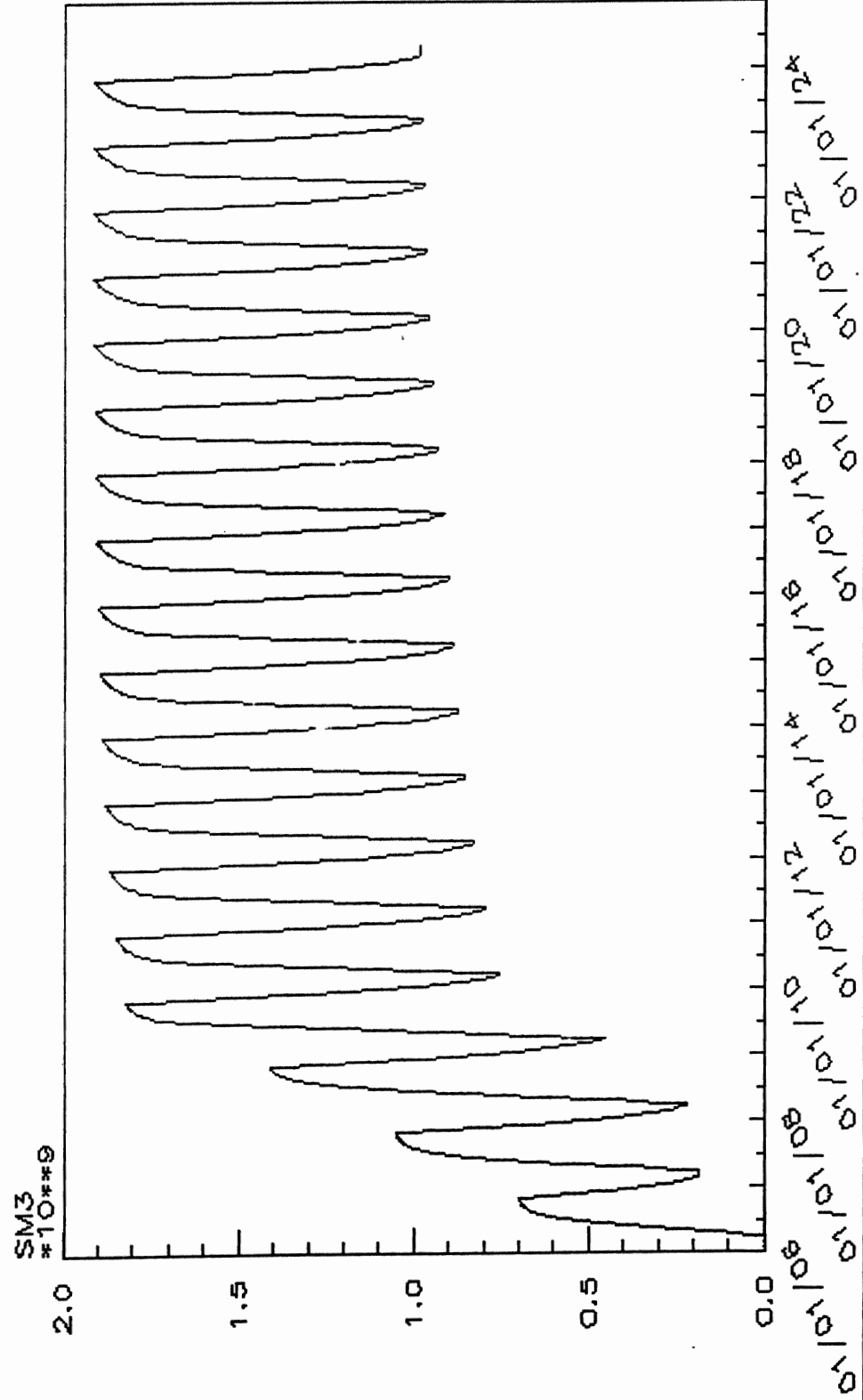


Fig. 19

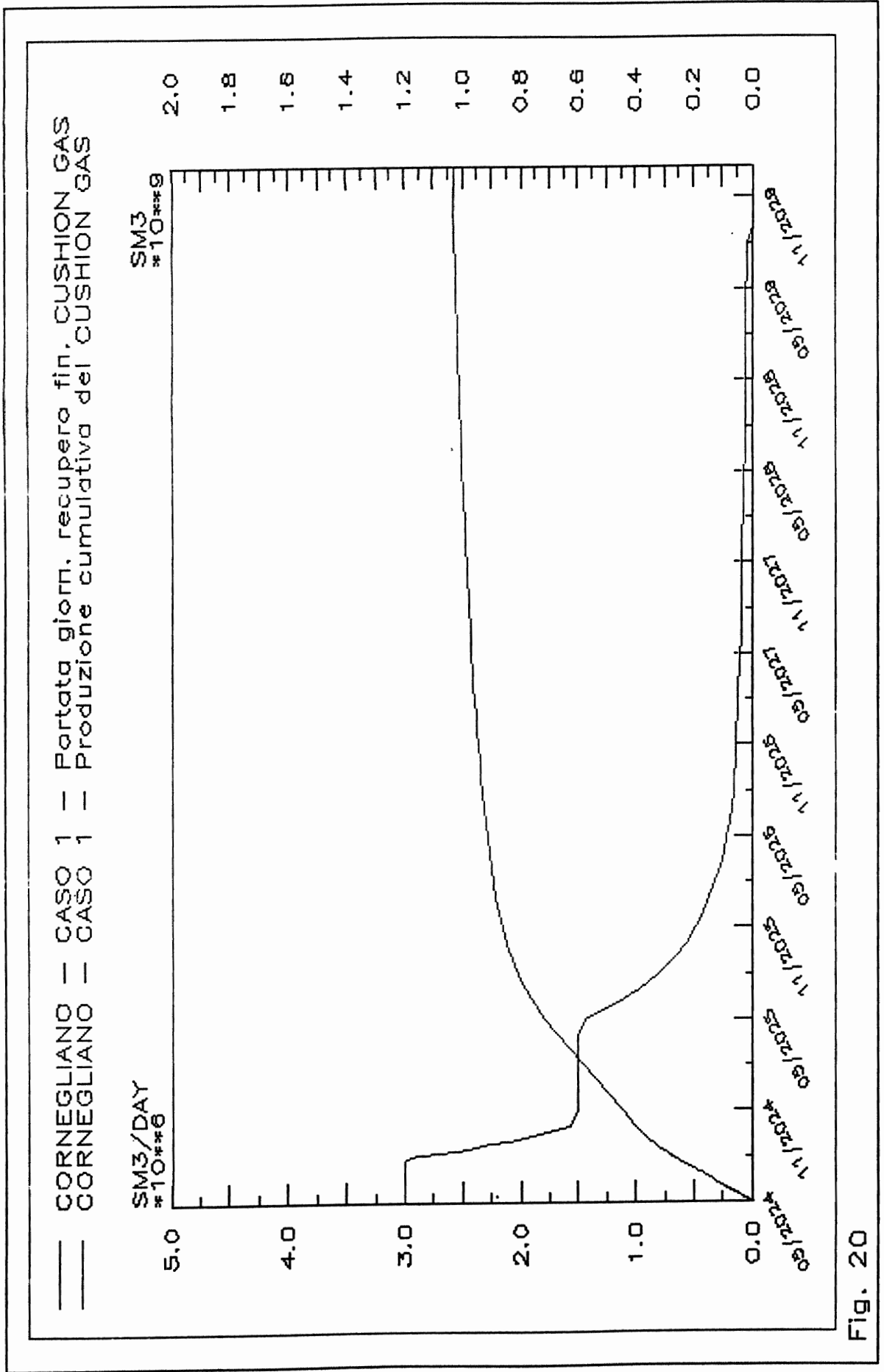


Fig. 20

Tab. 4

CORNEGLIANO

CASO 2

Andamento dello stock nel tempo

DATA	STOCK (M Sm3)
01-apr-06	0,0
01-nov-06	891,3
01-apr-07	181,0
01-nov-07	1379,3
01-apr-08	264,3
01-nov-08	1813,7
01-apr-09	422,0
01-nov-09	1833,9
01-apr-10	463,6
01-nov-10	1847,1
01-apr-11	494,5
01-nov-11	1856,6
01-apr-12	517,8
01-nov-12	1863,0
01-apr-13	545,0
01-nov-13	1867,8
01-apr-14	565,4
01-nov-14	1870,5
01-apr-15	584,0
01-nov-15	1871,3
01-apr-16	598,9
01-nov-16	1871,2
01-apr-17	617,3
01-nov-17	1871,6
01-apr-18	632,2
01-nov-18	1871,3
01-apr-19	648,6
01-nov-19	1871,2
01-apr-20	664,3
01-nov-20	1870,7
01-apr-21	680,2
01-nov-21	1870,7
01-apr-22	691,0
01-nov-22	1870,3
01-apr-23	701,0
01-nov-23	1869,2
01-apr-24	706,5

Tab. 5

CORNEGLIANO

CASO 3

Andamento dello stock nel tempo

DATA	STOCK (M Sm3)
01-apr-06	0,0
01-nov-06	701,1
01-apr-07	185,5
01-nov-07	1051,6
01-apr-08	219,9
01-nov-08	1409,4
01-apr-09	451,6
01-nov-09	1820,0
01-apr-10	757,1
01-nov-10	1847,5
01-apr-11	797,3
01-nov-11	1864,9
01-apr-12	828,7
01-nov-12	1877,8
01-apr-13	853,0
01-nov-13	1887,7
01-apr-14	872,7
01-nov-14	1895,3
01-apr-15	889,0
01-nov-15	1900,8
01-apr-16	902,0
01-nov-16	1904,8
01-apr-17	915,6
01-nov-17	1907,8
01-apr-18	934,9
01-nov-18	1910,1
01-apr-19	947,7
01-nov-19	1911,6
01-apr-20	956,3
01-nov-20	1912,3
01-apr-21	966,1
01-nov-21	1912,8
01-apr-22	974,5
01-nov-22	1912,9
01-apr-23	980,1
01-nov-23	1912,7
01-apr-24	987,5

Tab. 6

CORNEGLIANO

CASO 1

Profilo di produzione
delle riserve residue al 1/5/2024

ANNO	PRODUZIONE ANNUALE (M Sm3)
2024	539,0
2025	346,3
2026	70,1
2027	36,8
2028	24,6
2029	11,4
TOTALE	1028,3