

CAPITOLO 5

LA REALTÀ RURALE

Indice

5.1	Caratterizzazione del rifiuto.....	97
5.1.1	Materiali e metodi.....	97
5.1.2	Risultati e discussione.....	101
5.1.2.1	Rifiuti domestici.....	101
5.1.2.2	Rifiuto stradale.....	105
5.1.2.3	Rifiuti del mercato.....	107
5.2	Questionari.....	109
5.2.1	Famiglie.....	109
5.2.2	Mercato.....	114
5.2.3	Scuole.....	116
5.2.4	Ospedale.....	120
5.3	Rilievo delle principali strade dell'abitato.....	125
5.4	Proposte di intervento.....	132
5.4.1	Raccolta.....	132
5.4.1.1	Rifiuti domestici.....	134
5.4.1.2	Spazzamento strade.....	146

5.4.1.3 Mercato.....	147
5.4.1.4 Scuole.....	148
5.4.1.5 Rifiuti urbani pericolosi.....	149
5.4.2 Smaltimento.....	149
5.4.3 Campo Base.....	156
5.4.4 Conclusioni.....	157

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL RIFIUTO

L'elaborazione di un piano completo e ben strutturato per la gestione dei rifiuti solidi urbani necessita di alcune informazioni preliminari quali la tipologia e la quantità di rifiuti prodotti nella zona di interesse.

Data la totale assenza di dati ufficiali in merito, si è reso necessario provvedere direttamente alla loro acquisizione attraverso indagini sul campo.

Per stimare la quantità e la qualità dei rifiuti si sono svolte delle analisi merceologiche secondo quanto descritto nel Capitolo 3.

Le analisi sono state effettuate su tre distinte tipologie di rifiuti:

- rifiuti generati nel contesto domestico;
- rifiuti raccolti dalla strada;
- rifiuti prodotti dalle attività del mercato.

Grazie alla collaborazione delle famiglie coinvolte si è potuta stimare la produzione pro-capite giornaliera di rifiuti.

5.1.1 MATERIALI E METODI

Per eseguire l'analisi sono stati utilizzati: una bilancia pesa persone, un vaglio appositamente costruito in rete di ferro a maglie quadre di 2x2 cm, un telo in plastica da circa 2x2 m e un badile; l'analisi si è svolta

come segue:

1. la raccolta del rifiuto è avvenuta, per il rifiuto domestico, tramite distribuzione di due contenitori in plastica nei compound scelti, contenitori che sono poi stati ritirati dopo tre giorni. Per il rifiuto stradale e del mercato si sono direttamente raccolti i rifiuti da tre zone di accumulo informale lungo le strade e lungo la via del mercato (Figure 5.1 e 5.2);



Figura 5.1: rifiuti lungo una strada di Sololo



Figura 5.2: raccolta dei rifiuti nel mercato di Sololo

- la pesatura del rifiuto raccolto, in particolare i contenitori di plastica distribuiti alle famiglie (Figura 5.3) sono stati pesati singolarmente in modo tale da ottenere il peso del rifiuto tal quale prodotto dalle famiglie e poter poi elaborare la produzione pro-capite;



Figura 5.3: i contenitori dei rifiuti ritirati dalle famiglie

- il rifiuto è stato rovesciato su un telo in plastica appositamente predisposto ed è stato mescolato con un badile (Figura 5.4);



Figura 5.4: il rifiuto viene rovesciato su un telo e mescolato con il badile

- sono stati preparati i contenitori per le frazioni da separare: carta e cartone, plastica, organico,

vetro e metalli, tessili, inerti, sottovaglio;

5. i materiali più ingombranti sono stati selezionati e separati nelle diverse frazioni (Figura 5.5);



Figura 5.5: selezione manuale

6. si è proceduto con la vagliatura mediante un vaglio in rete di ferro a maglie quadre di 2cm x 2 cm, separando il sottovaglio nell'apposito contenitore (Figura 5.6);



Figura 5.6: il rifiuto viene vagliato sul telo di plastica per raccogliere il sottovaglio

7. il sopravaglio è stato selezionato manualmente e separato nei diversi contenitori;

8. le diverse frazioni sono state pesate per poterne determinare le percentuali in peso sul totale.

5.1.2 RISULTATI E DISCUSSIONE

Seguono l'illustrazione e la discussione dei risultati ottenuti nelle tre analisi condotte.

5.1.2.1 RIFIUTI DOMESTICI

In data 22 settembre 2007, presso la guest house dell'ospedale di Sololo (base operativa e alloggio nel corso della missione), con la collaborazione di Jillo Garm Dabasso, che ha selezionato le famiglie, e di Gufu Duba Jaldesa, che ha procurato parte del materiale necessario, è stato effettuato lo studio qualitativo del rifiuto domestico prodotto in tre giorni dalle famiglie coinvolte.

In particolare sono stati coinvolti gli abitanti di 5 compound (vedi Capitolo 2), non necessariamente corrispondenti a 5 famiglie (in un compound possono trovarsi più unità famigliari); per questo è più corretto parlare di compound. (I risultati per famiglia delle merceologiche sono raccolti nell'*Allegato III*).

I materiali separati nel corso dell'analisi sono visibili in Figura 5.7.



organico



plastica



Figura 5.7: contenitori contenenti le frazioni merceologiche separate manualmente

La composizione delle famiglie coinvolte e i rifiuti da loro raccolti sono sintetizzati in Tabella 5.1.

COMPOUND	NUMERO COMPONENTI	KG TOTALI PRODOTTI
1	6	5
2	7	7
3	13	16
4	8	8
5	14	9
TOTALE	48	45

Tabella 5.1: compound coinvolti e rifiuti raccolti

Le quantità delle singole frazioni merceologiche in termini di peso e percentuali sul totale sono raccolte in Tabella 5.2 e nelle figure 5.8 e 5.9.

FRAZIONE MERCEOLOGICA	PESO [KG]	% IN PESO
Sottovaglio	28,5	63,33

Organico	12,5	27,78
Plastica	2,0	4,44
Tessili	1,0	2,22
Carta/cartone	0,5	1,11
Vetro/Metalli	0,5	1,11
TOTALE	45,0	100,00

Tabella 5.2: contenitori frazioni merceologiche separate manualmente

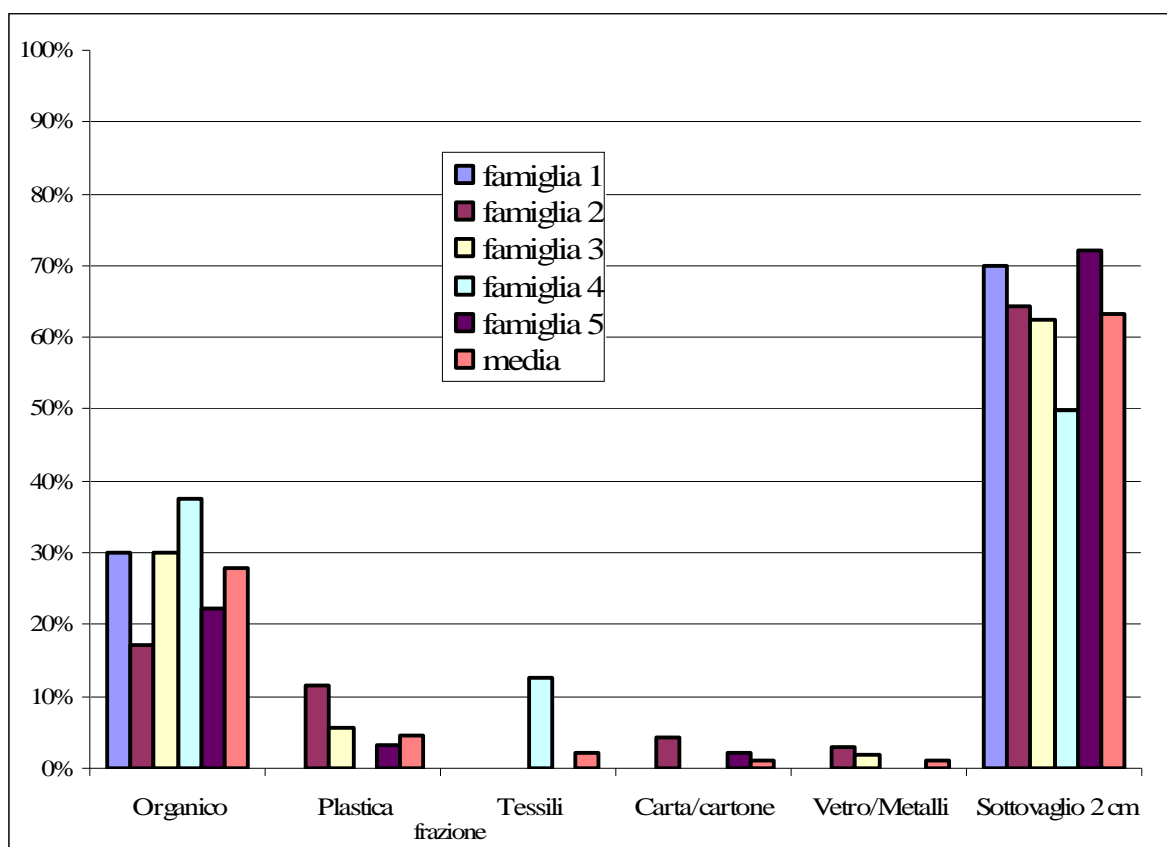


Figura 5.8: risultati dell'analisi merceologica per frazioni.

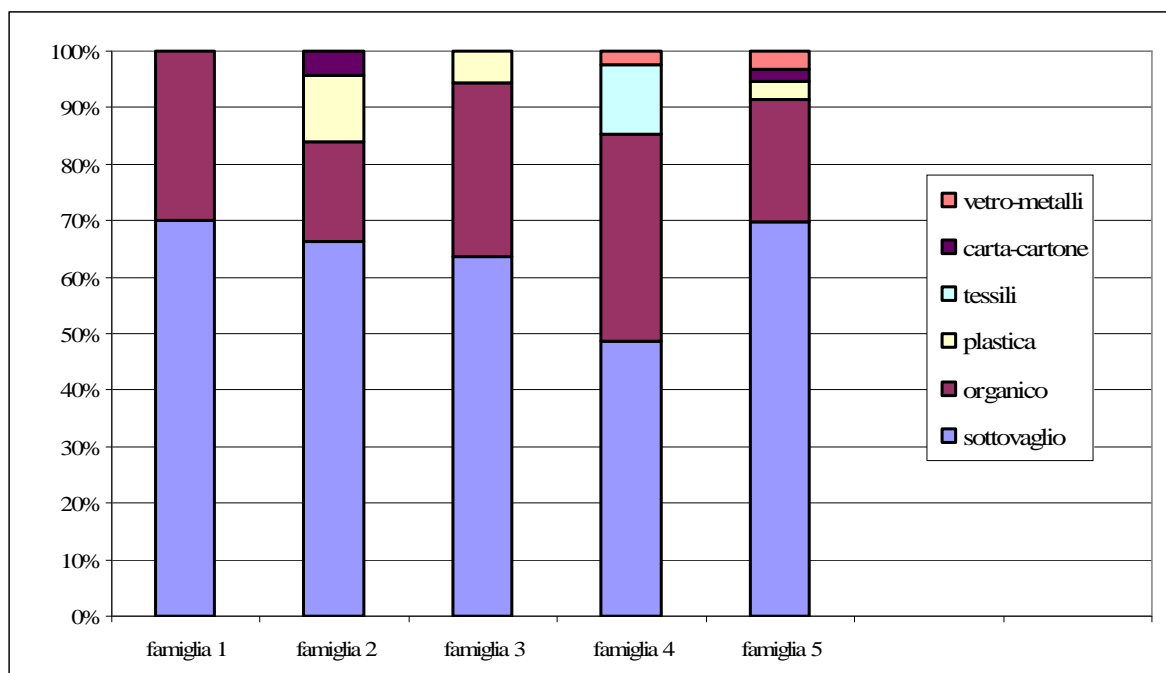


Figura 5.9: risultati dell'analisi merceologica per famiglia.

Il sottovaglio è la frazione predominante ed è costituito da terra dovuta all'assenza di pavimentazione all'interno del compound e da feci animali, principalmente di capre.

Anche l'organico è formato soprattutto da feci animali provenienti però da mucche, asini e cammelli che vengono tenuti all'interno del compound e da resti di origine vegetale, quali bucce di banana e arance, pannocchie e cavoli.

La plastica è costituita quasi interamente dai sacchetti utilizzati per la vendita di frutta e verdura; questo comporta uno scarso peso, ma un elevato volume di questa frazione.

Sono presenti anche alcuni rifiuti urbani pericolosi, quali i medicinali.

Dai dati raccolti è stato possibile determinare la produzione pro-capite giornaliera, dividendo il peso del rifiuto raccolto per il numero totale dei componenti delle famiglie coinvolte nei tre giorni:

$$\text{Produzione pro-capite} = 45 \text{ kg} / (3 \text{ giorni} \times 48 \text{ abitanti}) = 0,312 \text{ kg/ab d}$$

5.1.2.2 RIFIUTO STRADALE

Poiché la strada rappresenta il fulcro della vita sociale, essendo il luogo in cui la gente trascorre gran parte della sua giornata, si è ritenuto utile prelevare dei campioni di rifiuto da sottoporre ad analisi merceologica, che è stata eseguita il 24 settembre 2007.



organico



plastica



carta e cartone



vetro e metalli

inerti

Figura 5.10: contenitori frazioni merceologiche separate manualmente

Le quantità delle singole frazioni merceologiche in termini di peso e percentuali sul totale sono raccolte in Tabella 5.3 e in figura 5.11.

L'organico è la frazione predominante ed è costituito principalmente da escrementi animali e da resti vegetali come sfalci e paglia. Il sottovaglio è costituito da ceneri dovute alle combustioni dei cumuli avvenute in precedenza, organico animale e vegetale.

La plastica è costituita prevalentemente dai sacchetti provenienti dalle attività commerciali, ma anche contenitori di plastica rigida come le geriche per l'acqua e per l'olio.

Frazione merceologica	Peso [kg]	% in peso
Organico	10,0	33,33
Sottovaglio	9,0	30,00
Plastica	5,5	18,33
Carta/cartone	2,5	8,33
Metalli	2,0	6,67
Inerti	1,0	3,33
Totale	30,0	100,00

Tabella 5.3: risultati dell'analisi merceologica.

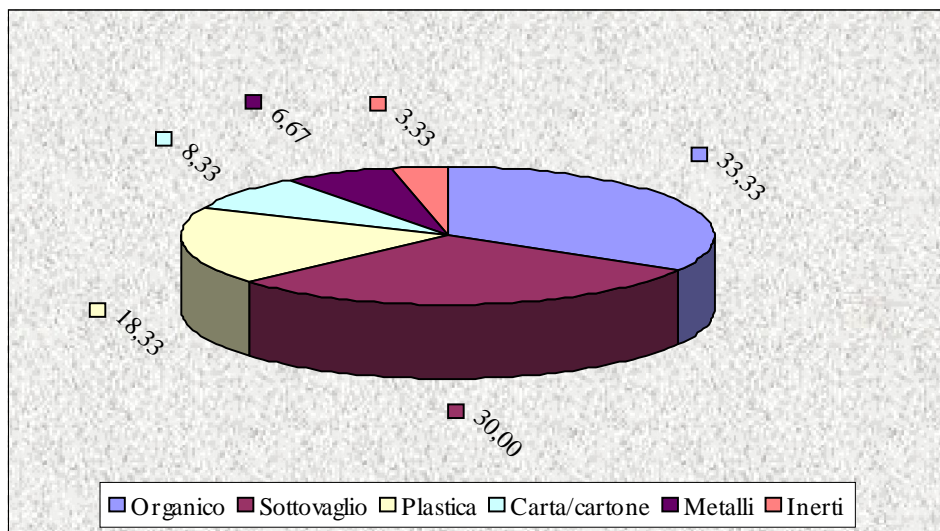


Figura 5.11: risultati dell'analisi merceologica

5.1.2.3 RIFIUTI DEL MERCATO

Le attività commerciali del mercato si concentrano lungo una delle vie centrali della città e danno origine a diversi rifiuti quali scarti degli imballaggi e della merce stessa.

I rifiuti provenienti dalle attività commerciali sono l'unica fonte di rifiuto alternativa a quella domestica.

Le frazioni ritrovate nell'analisi sono mostrate in figura 5.12





Figura 5.12: rifiuto del mercato separato nelle frazioni merceologiche

Le quantità delle singole frazioni merceologiche in termini di peso e percentuali sul totale sono raccolte in Tabella 5.4 e in figura 5.13.

Il sottovaglio è la frazione predominante ed è costituito da terra, fogliame, ceneri delle precedenti combustioni e paglia.

La carta e il cartone sono dovuti al massiccio utilizzo come materiale da imballaggio.

Gli inerti riscontrati durante l'analisi sono frammenti di abitazioni.

L'organico ed è costituito principalmente da resti di origine vegetale e fogliame.

La plastica è costituita quasi interamente dai sacchetti utilizzati per la vendita di frutta e verdura e da contenitori in plastica dura.

Nel corso dell'analisi sono stati rinvenuti anche rifiuti urbani pericolosi, quali batterie, spesso bruciate in parte.

Frazione merceologica	Peso [kg]	% in peso
-----------------------	-----------	-----------

Sottovaglio	9,0	42,86
Carta/cartone	4,5	21,43
Inerti	2,5	11,90
Organico	2,0	9,52
Plastica	2,0	9,52
Tessili	0,5	2,38
Vetro/Metalli	0,5	2,38
TOTALE	21,0	100,00

Tabella 5.4: risultati dell'analisi merceologica

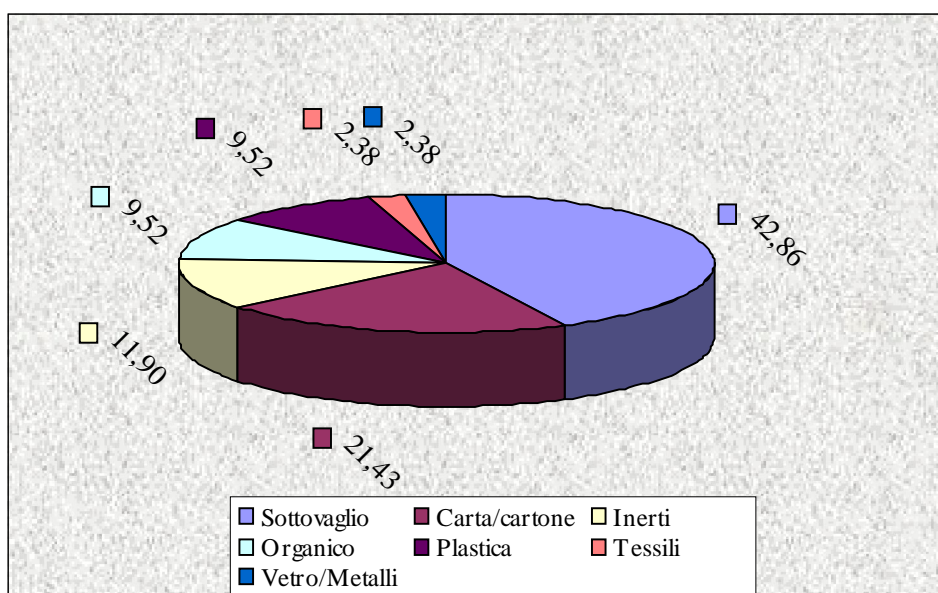


Figura 5.13: risultati dell'analisi merceologica

5.2 QUESTIONARI

Al fine di determinare l'attuale gestione dei rifiuti da parte delle famiglie e delle istituzioni presenti sul territorio sono stati distribuiti dei questionari.

I questionari, appositamente ideati, sono stati sottoposti ad alcune famiglie di Sololo, ai Dirigenti delle

Scuole presenti nella città, ad alcuni commercianti del mercato e all'amministratore dell'ospedale; essi sono stati compilati sotto forma di intervista diretta con l'ausilio di un traduttore Kborana, in quanto parte della popolazione residente non parla Inglese e non è alfabetizzata.

5.2.1 FAMIGLIE

Sono stati distribuiti 100 questionari ad altrettante famiglie di Sololo composti dalle seguenti domande:

- 1) villaggio di appartenenza
- 2) numero di uomini, donne e bambini per famiglia
- 3) lavoro, sesso ed età del capofamiglia
- 4) luogo di deposito dei rifiuti
- 5) modalità di smaltimento dei rifiuti
- 6) ordinare per quantità prodotta le frazioni merceologiche del rifiuto
- 7) presenza e tipo di animali nel compound
- 8) smaltimento dell'organico
- 9) smaltimento della plastica
- 10) riutilizzo di alcune frazioni merceologiche
- 11) tipologia di combustibile utilizzato per cucinare
- 12) modalità di smaltimento del rifiuto prodotto in strada
- 13) A- conoscenza dei rischi connessi all'ingestione di plastica da parte degli animali
B- conoscenza dei rischi connessi alla combustione della plastica

Le risposte integrali sono raccolte in *Allegato IV*, seguono le elaborazioni dei risultati ottenuti.

Domanda 1) villaggio di appartenenza

La città di Sololo è suddivisa in 20 villaggi; le 100 famiglie intervistate appartengono ai seguenti 14 villaggi, in Tabella 5.5 è riportata la suddivisione degli intervistati nei villaggi:

NOME VILLAGGIO	N° FAMIGLIE
Golicha Huica Morowa	11
Dub Jaldesa Raya	9
Denge Duba Liban	4
Ali Godana Ungula	11
Gedho Guyo Mura	4
Bonaya Guyo Tikho	4
Sake Huka Dida	5
Silas Sam Sora	1
Shama Alio	3
Diba Bidu Bankare	5
Halima Galma Wario	18
Diba Galgallo Sarite	3
Okuto Warlo Huka	8
Wako Guyo Kiya	14
Totale	100

Tabella 5.5: distribuzione degli intervistati nei 19 villaggi di Sololo

Domanda 2) numero di uomini, donne e bambini per famiglia

Il numero medio di componenti per famiglia è risultato essere 7,15, per un totale di uomini, donne e bambini pari a:

- 103 uomini
- 114 donne
- 498 bambini

Ovvero una media di 1,03 uomini per famiglia, 1,14 donne per famiglia e 4,98 bambini per famiglia.

Domanda 3) lavoro, sesso ed età del capofamiglia

Il sesso dei capofamiglia è prevalentemente maschile (84 uomini contro 16 donne), la loro età media è di 48 anni; i lavori svolti sono riuniti in Tabella 5.6.

LAVORO	N°
disoccupato	29
security a Nairobi	13
pensionato	11
casuale	11
business	10
ospedale	4
insegnante	3
macellaio	2
polizia	1
fabbro	1
Totale	100

Tabella 5.6: lavori svolti dai capofamiglia

Domanda 4: luogo di deposito dei rifiuti

La netta maggioranza delle famiglie intervistate accumula i rifiuti all'interno del proprio compound, spesso in un'apposita fossa; le risposte sono raccolte nella Tabella 5.7.

LUOGO SMALTIMENTO	N° RISPOSTE
Per strada	12
Nel proprio compound	88
Totale	100

Tabella 5.7: luoghi di smaltimento dei rifiuti

Domanda 5) modalità di smaltimento dei rifiuti

Tutte le famiglie intervistate hanno risposto che bruciano periodicamente i propri rifiuti, accumulati nella

buca del proprio compound, oppure nei mucchi formati lungo le strade, come visibile in Figura 5.14.



Figura 5.14: buca contenente rifiuti

Domanda 6) ordinare per quantità prodotta le frazioni merceologiche del rifiuto

Dalle risposte fornite a questo quesito, che chiedeva di esprimere in forma decrescente per quantità le frazioni merceologiche del proprio rifiuto, emerge che la maggior parte degli intervistati considera l'organico come frazione predominante, seguito dalla plastica e dal verde, proveniente principalmente dagli sfalci dell'euforbia usata come siepe per i compound.

La plastica, principalmente sacchetti dovuti alle attività del mercato, è la frazione più citata; questo è in parte dovuto al fatto che non tutte le famiglie intervistate possiedono animali che generano organico (vedi Domanda 7). Le risposte fornite sono riportate in Tabella 5.8.

CLASSIFICA	ORGANICO	PLASTICA	VERDE	VEGETALE	CARTA	METALLI
prima risposta	43	24	21	9	1	2
seconda risposta	14	33	17	21	1	2
terza risposta	5	14	5	12	0	4
TOTALE	62	71	43	42	2	8

Tabella 5.8: ordinamento delle frazioni merceologiche

Domanda 7) presenza e tipo di animali nel compound

Il 62% degli intervistati possiedono animali all'interno del proprio compound; gli animali presenti più frequentemente sono le capre seguite da asini e mucche come si può vedere dalla Tabella 5.9.

Gli asini vengono utilizzati come animali da soma per il trasporto delle geriche d'acqua, mentre le capre e le mucche vengono allevate per il sostentamento della famiglia e per il commercio.

CAPRE	ASINI	MUCCHE	POLLI	PECORE	CAMMELLI
43	28	26	21	4	1

Tabella 5.9: presenza di animali nei compound

Domanda 8) smaltimento dell'organico

L'87,1% di coloro che possiedono animali ha dichiarato di utilizzare l'organico animale prodotto come fertilizzante all'interno del proprio compound; il 50 % di coloro che possiedono asini ha però specificato che gli escrementi di questi animali non sono idonei come ammendanti e pertanto vengono bruciati.

Solo tre intervistati hanno affermato di riutilizzare l'organico animale anche al fine di arginare e limitare l'allagamento del compound durante la stagione delle grandi piogge.

Domanda 9) smaltimento della plastica

Tutti gli intervistati hanno asserito di bruciare la plastica dopo l'uso.

Domanda 10) riutilizzo di alcune frazioni merceologiche

Il riutilizzo delle diverse frazioni merceologiche è totalmente assente, ad eccezione dell'utilizzo dell'organico animale come fertilizzante e delle taniche in plastica contenenti olio da cucina che vengono riutilizzate per il trasporto dell'acqua ad uso domestico.

Domanda 11) tipologia di combustibile utilizzato per cucinare

Il 96% degli intervistati utilizza come combustibile in cucina la legna secca raccolta nella boscaglia, mentre il 4% utilizza la paraffina.

Domanda 12) modalità di smaltimento del rifiuto prodotto in strada

Il 49% degli intervistati abbandona lungo la strada i rifiuti prodotti all'esterno del proprio compound,

mentre il 48% afferma di portare il rifiuto a casa; tre intervistati non hanno risposto.

Domanda 13-A) conoscenza dei rischi connessi all'ingestione di plastica da parte degli animali.

Solo un intervistato ha risposto di non sapere cosa accade quando un animale ingerisce un sacchetto di plastica; il restante 99% ha affermato che l'animale muore.

Domanda 13-B) conoscenza dei rischi connessi alla combustione della plastica

Dei 100 intervistati 37 credono che questo salvi la vita degli animali, 44 che in questo modo si riducano i rifiuti presenti e 35 che i fumi generati dalla combustione della plastica sono dannosi per l'uomo.

5.2.2 MERCATO

Lungo la via principale dove si concentrano le attività commerciali sono stati somministrati 16 questionari ai commercianti presenti.

Le domande ad essi sottoposte sono:

- 1) tipologia di attività commerciale
- 2) tipologia di struttura (permanente, temporanea)
- 3) natura dei rifiuti prodotti
- 4) smaltimento dei rifiuti prodotti
- 5) numero di batterie vendute

Domanda 1) tipologia di attività commerciale

Le attività commerciali dei soggetti intervistati sono visibili in tabella 5.10:

TIPOLOGIA	N°
bazar	9
abbigliamento	2
alimentare	3
macellaio	1
bar	1
TOTALE	16

Tabella 5.10: tipologia commerciale degli intervistati*Domanda 2) tipologia di struttura (permanente, temporanea)*

Le strutture in cui si svolgono le attività commerciali sono di diverso tipo: permanenti, ovvero costruite con le medesime tecniche delle case (legno e fango), oppure semplici strutture temporanee di legno e cartone (Figura 5.15).

**Figura 5.15:** vista di alcune attività commerciali nel mercato di Sololo

11 delle attività dei commercianti interrogati erano di tipo permanente e 5 temporaneo.

Domanda 3) natura dei rifiuti prodotti

Le tipologie di rifiuti prodotti dalle 16 attività commerciali sono raccolte in Tabella 5.11, si può notare come gli scarti da imballaggio, principalmente carta e cartone, siano quelli più diffusi.

Domanda 4) smaltimento dei rifiuti prodotti

14 intervistati hanno dichiarato di bruciare il rifiuto prodotto; 13 di questi lo bruciano direttamente sulla strada, uno lo brucia nel retro del negozio.

2 commercianti hanno invece asserito di pagare una persona (5 Ksh) affinché raccolga i rifiuti prodotti; tali rifiuti vengono comunque bruciati in uno spiazzo all'inizio della via del mercato.

TIPO ATTIVITÀ	RIFIUTI PRODOTTI		
bazar	vegetale	plastica	carta
bazar	carta	plastica film	plastica bottiglie
bazar	tessili	carta	plastica
bazar	carta	plastica	
bazar	carta	plastica	
bazar	tessili	carta	
bazar	carta	plastica	
bazar	vegetale	tessili	
bazar	carta	plastica	
alimentare	carta	plastica	
alimentare	vegetale	plastica	
alimentare	vegetale	carta	
abbigliamento e scarpe	tessili	carta	
abbigliamento	carta	plastica	
macellaio	carne	ossa	plastica
bar	carta	metalli	

Tabella 5.11: tipologie di rifiuti prodotti dalle attività commerciali

Domanda 5) numero di batterie vendute

Solamente in 4 market delle attività interrogate si vendevano batterie per un totale di 28 confezioni di batterie al giorno.

5.2.3 SCUOLE

Nel territorio di Sololo ci sono 4 scuole:

- *Hawecha Primary School*, scuola primaria femminile
- *Sololo Primary School*, scuola primaria mista
- *Public Boys Boarding secondary School*, scuola secondaria maschile
- *Obbu Girls Secondary School*, scuola secondaria femminile

Le domande poste ai Dirigenti di dette scuole sono le seguenti:

- 1) numero di studenti, di insegnanti e ausiliari
- 2) natura dei rifiuti prodotti
- 3) smaltimento dei rifiuti prodotti
- 4) informazioni in merito ai servizi di elettricità, acqua e scarico di acque nere

Domanda 1) numero di studenti, di insegnanti e ausiliari

Gli studenti delle scuole possono essere distinti in due categorie: alloggiati o non alloggiati, ovvero essere ospitati in appositi dormitori all'interno della scuola stessa oppure vivere all'esterno della scuola. Il numero di studenti, alloggiati e non, di insegnanti e di altro personale è riportato nella Tabella 5.12

NOME SCUOLA	TIPO	NUMERO STUDENTI		NUMERO INSEGNANTI	NUMERO AUSILIARI
		alloggiati	non alloggiati		
<i>Hawecha Primary School</i>	femminile	30	170	7+2	7
<i>Public Boys Boarding secondary School</i>	maschile	200	0	9	6
<i>Sololo Primary School</i>	mista	60	727 (505 maschi)	12	6
<i>Obbu Girls Secondary School</i>	femminile	86	0	6	5

Tabella 5.12: dati principali delle scuole di Sololo

Domanda 2) natura dei rifiuti prodotti

I rifiuti prodotti dalle scuole (tabella 5.13) sono dovuti alle attività didattiche e alle mense per gli studenti alloggiati.

NOME SCUOLA	RIFIUTI PRODOTTI			
<i>Hawecha Primary School</i>	carta	penne	plastica	cibo
<i>Public Boys Boarding secondary School</i>	plastica	carta	cibo	organico (animale e umano)
<i>Sololo Primary School</i>	carta	plastica		
<i>Obbu Girls Secondary School</i>	cibo	carta		

Tabella 5.13: rifiuti prodotti all'interno delle scuole*Domanda 3) smaltimento dei rifiuti prodotti*

In tutte le scuole i rifiuti vengono accumulati in apposite buche create nel terreno e periodicamente bruciati senza distinzione (Figura 5.16).

Solo nell' *Hawecha Primary School* parte dei rifiuti alimentari vengono dati ad allevatori locali per alimentare le bestie.



Figura 5.16: buca contenente i rifiuti della *Hawecha Primary School*

Domanda 4) informazioni in merito ai servizi di elettricità, acqua e scarico di acque nere

Per quanto concerne l'elettricità, la *Hawecha Primary School* e la *Public Boys Boarding secondary School* utilizzano l'energia solare, data da appositi pannelli disposti sui tetti delle scuole, sia per illuminare i dormitori che per la cucina; la *Sololo Primary School* è dotata di un generatore diesel che viene però utilizzato poco a causa degli eccessivi fumi prodotti.

La *Obbu Girls Secondary School* non è fornita di alcuna fonte di energia elettrica.

Le fonti di acqua ad uso potabile per la *Hawecha Primary School* e la *Sololo Primary School* sono i serbatoi del "roof catchment" (vedi paragrafo 2.3) e la silanga da cui viene raccolta l'acqua con l'ausilio delle tipiche geriche trasportate dagli asini (Figura 5.17).

La *Sololo Primary School* era dotata di un pozzo che oggi è dimesso, perché l'acqua è salata.

Alla *Public Boys Boarding secondary School* le fonti di acqua potabile sono i serbatoi del "roof catchment"

che spesso sono però insufficienti e pertanto viene comprata l'acqua che viene fornita da una autobotte. La *Obbu Girls Secondary School* è servita da condotte che portano l'acqua proveniente da uno dei pozzi profondi presenti nel territorio di Sololo (pozzo Ramolle II).



Figura 5.17: "roof catchment" della *Hawecha Primary School*

Per quanto concerne i servizi igienici e gli scarichi delle acque nere, tutte le scuole hanno le latrine; in particolare la *Hawecha Primary School* è dotata di 6 latrine per le classi, 2 ad uso dei professori e 6 per i dormitori, mentre la *Sololo Primary School* ha 6 latrine per gli studenti e una per gli insegnanti (Figura 5.18).



Figura 5.18: latrine della *Hawecha Primary School*

5.2.4 OSPEDALE

A Sololo è attivo un ospedale, di proprietà della Diocesi di Marsabit, dotato di una rete di servizi preventivi e curativi in grado di coprire le più comuni urgenze e patologie mediche, chirurgiche, ostetriche e pediatriche; i servizi forniti da questo ospedale sono gli unici disponibili per la popolazione residente.

Il CCM di Torino, dal 1982, tramite tre successivi progetti promossi dal Ministero Affari Esteri (MAE)-Cooperazione Italiana, sostiene l'ospedale di Sololo; questi interventi hanno trasformato una piccola struttura sanitaria in un ospedale distrettuale.

L' intervista al Dirigente dell' ospedale si è svolta secondo le seguenti domande:

- 1) numero di posti letto e affluenza
- 2) quantità e tipo di personale
- 3) tipologie di reparti operativi
- 4) tipologia e quantità di rifiuti prodotti
- 5) smaltimento dei rifiuti
- 6) informazioni in merito ai servizi di elettricità, acqua e scarico di acque nere

Domanda 1) numero di posti letto e affluenza

L'ospedale conta 128 posti letto, per una media di 669 ammissioni al mese.

Domanda 2) quantità e tipo di personale

Nell' ospedale vi è il personale sanitario governativo, in particolare vi lavorano 2 medici, che sono alloggiati in apposite abitazioni situate all'interno dell'area di pertinenza dell'ospedale, 13 infermieri, di cui 11 alloggiati in strutture interne all'ospedale, e 34 operatori addetti alle attività ausiliarie come la mensa, la lavanderia e l'officina meccanica, tutti alloggiati all'esterno dell'ospedale.

Domanda 3) tipologie di reparti operativi

I reparti attivi dell'ospedale sono: medicina generale, chirurgia, maternità, pediatria e la degenza per malati di TBC; inoltre vi è una sala operatoria, gli ambulatori, i laboratori per eseguire le analisi e le diagnosi, una stanza per eseguire ecografie a raggi x e un servizio di guardia notturna.

Domanda 4) tipologia e quantità di rifiuti prodotti

I rifiuti generati dall'ospedale sono:

- rifiuti solidi: siringhe, guanti in lattice, contenitori di vetro e plastica e cartoni di imballaggi, rifiuti alimentari e vegetali e cenere di legno da combustione;
- rifiuti liquidi: sangue delle attività chirurgiche, scarichi delle docce e del lavaggio degli ambienti.

Domanda 5) smaltimento dei rifiuti

I rifiuti solidi, quali medicazioni, siringhe, guanti in lattice, carta e cartone, contenitori di vetro e plastica e medicinali vengono gettati in una apposita fossa profonda circa 3 metri, recintata per evitare l'accesso di persone non addette e animali, e giornalmente, alle ore 3 del pomeriggio, vengono (Figura 5.19).



Figura 5.19: fossa per lo smaltimento dei rifiuti solidi dell'ospedale di Sololo

Le ceneri dovute all'utilizzo di legno sia in cucina che in lavanderia (per scaldare le pentole in cui vengono bollite le lenzuola e la biancheria dell'ospedale) vengono accumulate nell'area limitrofa alla fossa sopra citata su terreno nudo (Figura 5.20).

I rifiuti alimentari e vegetali dovuti alle potature delle piante nell'area dell'ospedale vengono accumulati, nella stessa area, e bruciati (Figura 5.21).

I sacchi amniotici dovuti ai parti vengono gettati in un apposita fossa perdente coperta nel terreno (Figura 5.22).



Figura 5.20: ceneri della cucina e lavanderia



Figura 5.21: scarti alimentari e vegetali



Figura 5.22: fossa in cui vengono gettati i sacchi amniotici

I rifiuti liquidi, quali sangue, acqua di lavaggio dei reparti e della sala operatoria, vengono scaricati nelle tubature che colleghino gli scarichi dei servizi igienici e delle docce che vengono poi scaricati in appositi pozzi perdenti, Figura 5.23.



Figura 5.23: pozzi rifiuti liquidi

Domanda 6) informazioni in merito ai servizi di elettricità, acqua e scarico di acque nere

Per quanto concerne l'elettricità l'ospedale è fornito di diversi generatori che servono per alimentare sia la strumentazione medica che le pompe dei pozzi per l'emungimento dell'acqua, Figura 5.24.

Per l'illuminazione notturna viene sfruttata l'energia solare prodotta grazie ad appositi pannelli solari montati sui tetti dell'ospedale e delle abitazioni di pertinenza e le lampade a cherosene, Figura 5.25.



Figura 5.24: uno dei generatori a servizio dell'ospedale**Figura 5.25:** pannelli solari sul tetto della guest house

L'acqua ad uso potabile e di servizio proviene sia da appositi pozzi profondi realizzati all'interno dell'area dell'ospedale, sia dal "roof catchment".

L'acqua pompata dai pozzi viene stoccata in serbatoi di metallo da cui viene fornita tramite apposite tubature all'ospedale; l'acqua raccolta con la tecnica del "roof catchment" viene raccolta nei serbatoi di plastica e prelevata manualmente all'occorrenza, Figura 5.26 e 5.27.

**Figura 5.26:** serbatoi dell'acqua pompata dai pozzi**Figura 5.27:** "roof catchment" reparto maternità

Gli scariche delle acque nere vengono collettati tramite opportune tubature ai pozzi perdenti dei rifiuti liquidi.

5.3 RILIEVO DELLE PRINCIPALI STRADE DELL'ABITATO

Al fine di poter predisporre il servizio di raccolta dei rifiuti solidi di Sololo è stato necessario effettuare un rilievo di massima dell'area dell'abitato e delle vie del paese, questo poiché non sono disponibili supporti cartografici della zona oggetto dell'intervento di progetto.

La "cartografia" disponibile prima del rilievo è realizzata a mano e consente solo la localizzazione relativa di alcuni elementi morfologici del territorio e della dislocazione del villaggio, come visibile in Figura 5.27 e 5.28.

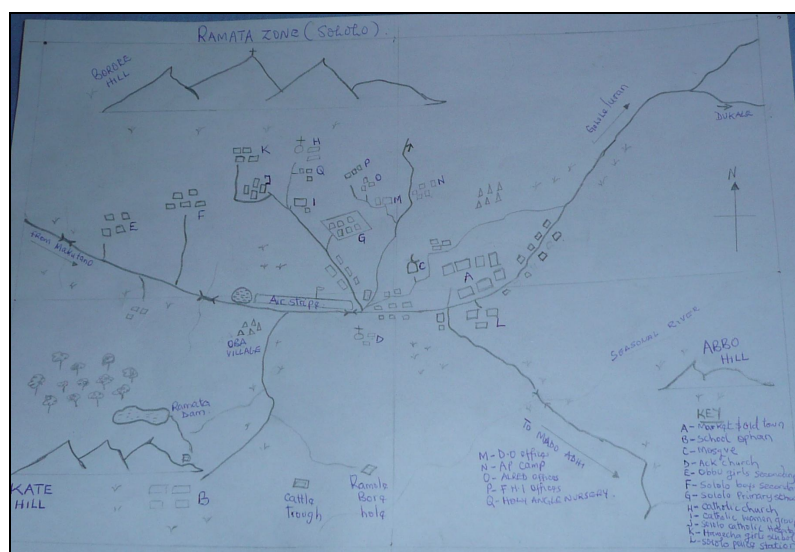


Figura 5.27: mappa di Sololo realizzata a mano

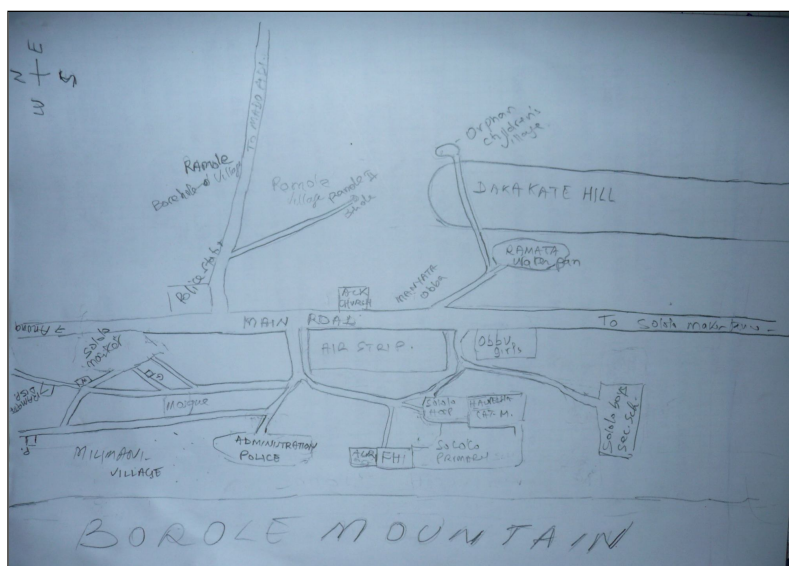


Figura 5.28: mappa di Sololo realizzata a mano

Il rilievo è stato effettuato mediante due strumenti Gps (Trimble Geo XT) fatti lavorare in coppia per ottenere maggiore precisione grazie al sistema di correzione differenziale.

Il concetto base di questa tecnica è l'impiego di dati registrati contemporaneamente da almeno due ricevitori. La correzione differenziale (DGPS) consente all'utente di migliorare l'accuratezza della posizione da 15-20 m a 2-3 m o meno, utilizzando sole misure di codice e non di fase, ampliando quindi l'utilità dell'impiego del GPS a molte applicazioni civili, con ricevitori a costo contenuto.

I due strumenti riceventi che devono essere utilizzati in contemporanea sono:

- **un ricevitore di riferimento o MASTER** che funge da stazione fissa ed è posto in un sito di coordinate note. Il ricevitore viene attivato e inizia il rilevamento dei satelliti. Tale ricevitore è in grado di calcolare la propria posizione assoluta e poiché si trova su un punto di coordinate note, il ricevitore può stimare molto precisamente quale dovrebbe essere la reale distanza dei vari satelliti, individuando la differenza esistente fra i valori calcolati e i valori misurati. Tale differenza è nota come "correzione". Nel caso in esame esso era posto sul tetto della guest house dell'ospedale (Figura 5.29).



Figura 5.29: posizionamento del ricevitore Gps master sul tetto della guest house

- **un ricevitore ROVER**, solitamente in movimento, occupa i punti di nuova determinazione e, quando entra in tracciamento con i satelliti, calcola direttamente la propria posizione combinando i dati GPS con i dati di correzione dalla MASTER.

Come accennato, i dati registrati del ricevitore Rover devono essere corretti servendosi delle misurazioni effettuate dalla stazione base. Tale procedimento può avvenire in due modi:

- **post-processato** : la stazione base verifica l'errore e lo scrive in un file (Base File) mentre il Rover registra un file di posizioni durante il lavoro di rilevamento (Rover File). In una seconda fase, a tavolino, tutte le posizioni contenute nel file del rover sono corrette utilizzando il Base File. Tale operazione viene svolta da appositi software ai quali si dà in pasto tutti i dati rilevati da entrambi i ricevitori. In questo modo durante il lavoro di rilevamento in campagna il ricevitore mostra però le posizioni non corrette (Figura 5.30).

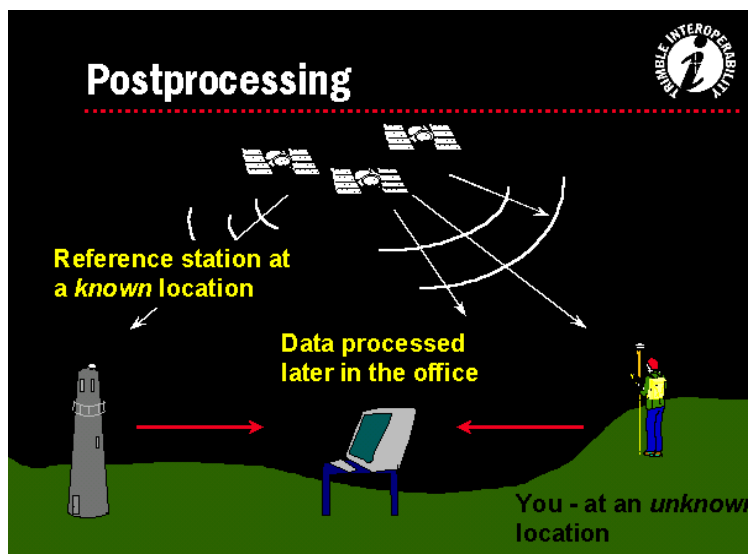


Figura 5.30: correzione differenziale con post processamento

- **Real - time:** la stazione base trasmette in tempo reale le posizioni corrette al Rover attraverso un collegamento radio. Il ricevitore Rover, a sua volta, è equipaggiato con un collegamento radio per la ricezione delle correzioni che le applica direttamente sul campo (Figura 5.31).

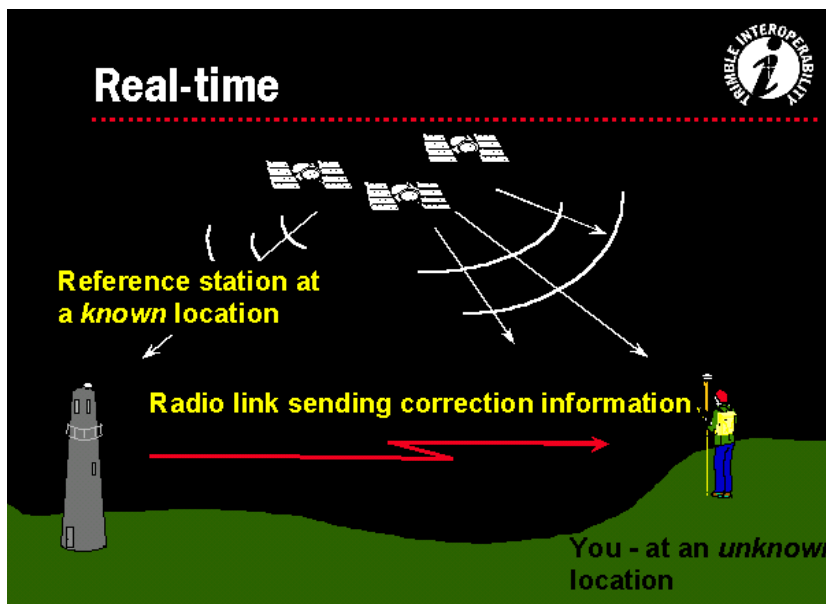


Figura 5.31: correzione differenziale in tempo reale

Il lavoro di rilievo è stato svolto in due campagne, nella prima sono state rilevate le strade, nella seconda punti di maggior interesse del paese.

La prima campagna è stata realizzata percorrendo le strade principali in macchina e quelle secondarie in moto, (Figura 5.32); sono state inoltre percorse e tracciate le strade principali di collegamento con i villaggi più vicini e con la città di confine di Moyale (Figura 5.33).



Figura 5.32: rilievo in movimento con ricevitore rover



Figura 5.33: mappe tragitto Sololo-Moyale

La seconda campagna è consistita nel rilevare i punti principali di Sololo come ad esempio i pozzi, le

scuole, il mercato.

Le elaborazioni eseguite sulla base dei dati rilevati sono riportate nelle Tavole allegate:

- Tavola 1: Mappa delle principali strade di Sololo rilevate mediante GPS;
- Tavola 2: Mappa dei punti principali di Sololo;
- Tavola 3: Mappa dei villaggi di Sololo.

Grazie alle mappe realizzate con i dati ottenuti con la strumentazione GPS è stato possibile eseguire una stima dell'area occupata da ogni villaggio e, noto il numero di famiglie presenti in ogni villaggio (moltiplicando per 7,1 come valore medio di membri dell'unità familiare si determinano gli abitanti), valutare la densità abitativa; in Tabella 5.14 sono riportati i valori ottenuti.

Essendo gli abitanti totali stimati di Sololo 8.530 e l'area abitata totale circa 250 ettari è possibile ottenere la densità abitativa media, che è pari a 33,9 Ab/ha.

Come è possibile notare la densità è compresa tra 10 e 210 abitanti per ettaro; le densità maggiori, oltre 100 ab/ha sono quelle dei villaggi più centrali (Gedho Guyo Nura, Bonaya Guyo Tikho, Silas Sam Sora e Hallake Guracha), le densità intermedie, fra 50 e 100 ab/ha, si trovano nei villaggi vicini ai primi, ma ancora non "di confine", infine le densità più basse si hanno nelle zone al limitare dell'abitato.

CAPO VILLAGGIO		N. FAMIGLIE	N. ABITANTI	AREA [ha]	DENSITÀ ABITATIVA [Ab/ha]
1	Golicha Huka Morosa	65	465	6,9	67,4
2	Boru Gabba	64	458	12,5	36,6
3	Dub Jaldesa Ruya	64	458	7,2	63,6
4	Denge Duba Liban	53	379	7,4	51,2
5	Ali Godana Ungula	48	343	13,5	25,4
6	Gedho Guyo Nura	74	529	5,2	101,7
7	Bonaya Guyo Tikho	59	422	2,0	211
8	Sake Huka Dida	69	493	21,3	23,1
9	Silas Sam Sora	54	386	2,3	167,8
10	Shama Ali	83	593	13,9	42,7
11	Hallake Guracha	37	265	2,2	120,4
12	Gaya Sakhu	60	429	5,8	74,0
13	Diba Bidu Bankare	60	429	13,6	31,5
14	Halima Galma Wario	79	565	12,5	45,2
15	Diba Galgallo Sarite	79	565	19,6	28,8
16	Okotu Wario Huqa	51	365	13,7	26,6
17	Emoi Guyo	46	329	12,7	25,9
18	Wako Guyo Kiya	64	458	45,3	10,1
19	Abarob Guyo Galgallo	84	601	33,5	17,9
TOTALE		1.193	8.532	251,1	33,9

Tabella 5.14: Densità abitativa dei villaggi di Sololo

5.4 PROPOSTE DI INTERVENTO

Nei paragrafi che seguono vengono descritte le considerazioni e le proposte in merito alla pianificazione di un sistema per la gestione dei rifiuti di Sololo sulla base dei dati raccolti sul campo precedentemente illustrati.

L'obiettivo di tale sistema è garantire la raccolta, l'eventuale recupero e riciclaggio e lo smaltimento in sicurezza dei rifiuti prodotti.

A tal fine è utile affrontare separatamente la gestione delle diverse tipologie di rifiuti (domestici, stradali, prodotti dalle scuole e dalle attività del mercato), poiché sono caratterizzati da problematiche diverse e quindi richiedono una pianificazione mirata.

In generale, un sistema per la gestione dei rifiuti può essere distinto in tre fasi: la raccolta, il trattamento (recupero e riciclaggio) e lo smaltimento; per semplificare la trattazione vengono di seguito analizzate le proposte di intervento per le due fasi di raccolta e smaltimento (accorpendo in quest'ultima l'eventuale trattamento dei rifiuti), distinguendole per le diverse tipologie di rifiuti considerati.

Si prevede la realizzazione di un Campo Base, nella zona est di Sololo, nel quale verranno predisposte le operazioni di smaltimento e realizzati i locali per lo stoccaggio dei materiali e dei mezzi necessari, oltre ad opportuni locali ausiliari (paragrafo 5.4.3)

5.4.1 RACCOLTA

Per quanto concerne la raccolta dei rifiuti, vi sono due diversi approcci: la raccolta porta a porta e la raccolta per mezzo di contenitori stradali; esse presentano criticità e punti di forza diversi, pertanto è necessario considerare entrambi gli approcci in fase decisionale soprattutto in ragione della diversa origine dei rifiuti da trattare.

Per organizzare la raccolta dei rifiuti non si può prescindere da una serie di fattori:

- le caratteristiche morfologiche del territorio: Sololo si sviluppa in parte sulle pendici del monte Borolle e in parte nella pianura sottostante, questo fa sì che vi siano zone difficilmente accessibili da semplici carretti e quindi l'accesso è limitato alle sole persone e animali.

Per facilitare l'identificazione di tali zone è stata elaborata una mappa delle strade (Figura 5.34 e Tavola 1)) rilevate con la strumentazione GPS in cui vengono distinte le strade percorribili tramite

carretti e i sentieri esclusivamente pedonali.

- l'assenza di mezzi di trasporto su gomma: al fine di garantire una durata a lungo termine del sistema di raccolta è necessario servirsi dei tipici mezzi locali, ovvero carretti trainati da asini e asini da soma;
- la carenza di materiali e strumenti: si devono sfruttare ed utilizzare i mezzi e oggetti presenti sul territorio e facilmente reperibili;
- la cultura della popolazione locale: essa è priva di una educazione sociale inerente i rifiuti e pertanto è necessaria un'opportuna campagna di sensibilizzazione e di formazione in merito alle pratiche corrette per trattare i rifiuti.

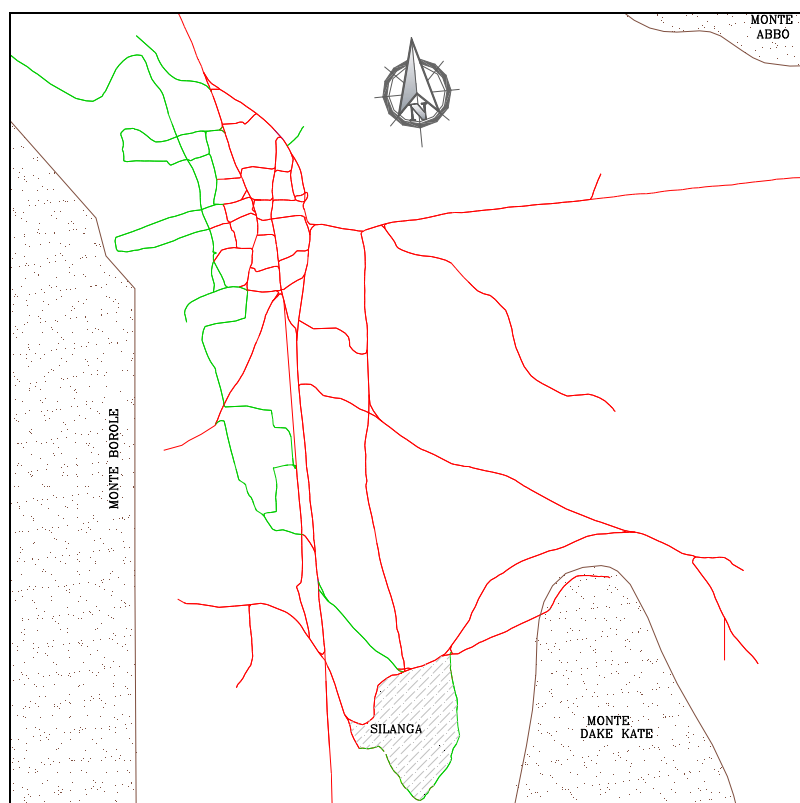


Figura 5.34: Mappa delle strade a diversa accessibilità: in rosso sono indicate le strade accessibili ai carretti, in verde le strade pedonali.

5.4.1.1 RIFIUTI DOMESTICI

Per stabilire l'approccio più adatto alla raccolta dei rifiuti domestici sono stati presi in considerazione

vantaggi e svantaggi delle due possibili alternative, raccolta porta a porta e raccolta mediante contenitori stradali, riassunti in Tabella 5.15.

VANTAGGI	SVANTAGGI
RACCOLTA PORTA A PORTA	
Raccolta sistematica, senza richiedere particolare impegno da parte dei cittadini	Massiccio impiego di manodopera e mezzi (carretti, asini)
Non servono cassonetti, ciò che evita problemi relativi alla costruzione e manutenzione degli stessi	Fornire le famiglie di opportuni contenitori
Non vi sono problemi di impatto estetico dovuto alla presenza dei cassonetti	
RACCOLTA MEDIANTE RACCOGLITORI STRADALI	
Richiede meno impiego di personale	Si devono costruire numerosi contenitori stradali, i quali devono rispettare determinati vincoli. Essi devono essere: <ul style="list-style-type: none"> - permanenti, - accessibili, - costruiti con materiali poveri in modo tale da evitarne il furto, - protetti dalle piogge, - svuotabili facilmente dal personale.
Tecnica semplice e versatile	Il cittadino deve conferire personalmente i rifiuti: questo richiede maggior impegno al cittadino stesso e inoltre apre la problematica in merito agli strumenti che il cittadino ha a disposizione per il trasporto dalla casa al cassonetto. Non si può prescindere dalla disponibilità di tali mezzi da parte della popolazione locale in quanto questo renderebbe vana la dislocazione dei raccoglitori.
	Non tutte le zone di Sololo sono raggiungibili mediante carretto, questo rende difficili le operazioni di svuotamento dei contenitori da parte degli operatori coinvolti

Tabella 5.15: vantaggi e svantaggi della raccolta porta a porta e della raccolta mediante contenitori stradali nel contesto di Sololo

Sulla base delle riflessioni raccolte nella tabella precedente si è scelto di procedere dimensionando un sistema per la raccolta dei rifiuti domestici di tipo **porta a porta**; questa alternativa risulta più appropriata in questo contesto in quanto facilita il servizio nelle zone non accessibili ai carretti e non presenta le problematiche della raccolta mediante contenitori.

Per rispondere al meglio alle esigenze delle zone difficilmente accessibili, e riuscire a coprire l'intero

territorio di Sololo, è necessario distinguere l'organizzazione del servizio di raccolta in: *zone accessibili a carretti* e *zone accessibili solamente a piedi*.

Come contenitori da consegnare alle famiglie in cui riporre i rifiuti domestici si è pensato di utilizzare le comuni geriche dell'olio da 20 litri (vedi Figura 5.35), notevolmente diffuse nella realtà di Sololo, rimuovendo la parte superiore creando così dei semplici "cestini".



Figura 5.35: "cestini" utilizzati per il trasporto dell'acqua dalla silanga

L'idea è di fornire a ogni famiglia un "cestino" e periodicamente, sulla base del dimensionamento che segue, ritirare il cestino pieno e, contestualmente, consegnarne uno vuoto.

I dati necessari per procedere al dimensionamento della raccolta vengono ricavati da quelli ottenuti mediante le indagini eseguite sul campo (v. paragrafo 5.1.1.2); i dati di progetto sono riassunti in Tabella 5.16.

Densità del rifiuto	302 kg / m ³
Produzione pro-capite in termini di peso	0,312 kg/ab d
Produzione pro-capite in termini di volume	0,0010 m ³ /ab d
N. Famiglie Sololo	1193
N. componenti per nucleo familiare	7,15

N. Abitanti Sololo	8530
Rifiuti domestici globalmente prodotti a Sololo	2661 kg/ d 8,5 m ³ / d

Tabella 5.16: dati di progetto assunti per il dimensionamento del sistema di raccolta dei rifiuti domestici

Il dimensionamento è avvenuto sulla base delle seguenti ipotesi:

- la raccolta avviene 6 ore al giorno, per 6 giorni alla settimana;
- la velocità media di andatura di un asino è pari a 2,5 km/h, e la sua capacità massima di carico di 60 kg;
- i rifiuti organici di natura animale (ovvero le feci degli animali tenuti all'interno dei compound) non vengono raccolti insieme ai rifiuti domestici in quanto, come evidenziato dai questionari (v. paragrafo 5.2.1), è diffusa la pratica di riutilizzarli come fertilizzante.

Si suggerisce comunque di supportare le iniziative del sistema di raccolta con una opportuna campagna educativa per spiegare il meccanismo della raccolta e per istruire la popolazione ad un corretto riutilizzo di tale organico.

ZONE NON ACCESSIBILI AI CARRETTI

Per dimensionare la raccolta nelle zone non accessibili è necessario stimare la produzione dei rifiuti in termini di peso e volume generata in tali zone.

Grazie alla mappa riportata in Figura 5.36 è stato possibile individuare i villaggi posti nelle aree non accessibili e, data la produzione pro capite e il numero degli abitanti dei villaggi, si è stimata la produzione dei rifiuti.

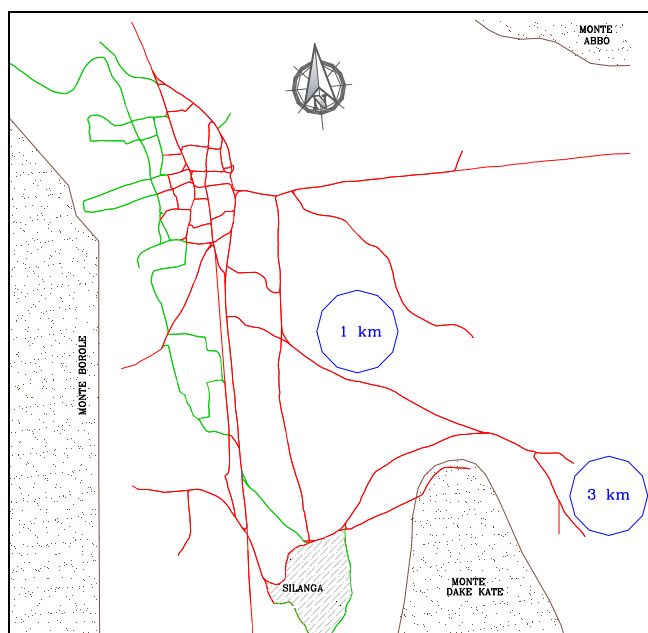


Figura 5.36: strade accessibili dai carretti (in rosso) e non accessibili (in verde) e localizzazione del Campo Base a 1 o 3 km

Considerando una media di 7,15 componenti per ogni nucleo familiare ed ipotizzando che la produzione procapite dei rifiuti domestici privi di organico animale sia pari a circa la metà della produzione totale (questa approssimazione è giustificata dal fatto che, dai dati ottenuti dall'analisi merceologica, il rifiuto di origine animale, che occupava quasi interamente la frazione organica e il sottovaglio, rappresenta più del 50% del rifiuto totale sottoposto ad analisi), ovvero 0,15 kg/ab d, si ottengono i valori riportati in Tabella 5.17.

VILLAGGIO NON ACCESSIBILE	N. FAMIGLIE	N. ABITANTI	PRODUZIONE RIFIUTI [kg/d]
Ali Godana Ungula – 5 -	48	343	51,4
Sake Huka Dida – 8 -	69	493	74,0
Shama Ali – 10 -	83	593	89,0
Gaya Sakhu – 12 -	60	429	64,3
Halima Galma Wario – 14 -	79	565	84,7
Wako guyo Kiya – 18 -	64	458	68,7
TOTALE	403	2881	432,1

Tabella 5.17: dati inerenti la produzione di rifiuti nella zona non accessibile ai carretti.

Pertanto il sistema di raccolta porta a porta nelle zone non accessibili deve servire 2881 persone per un totale di 432 kg/d di rifiuti.

Il sistema di raccolta sarà organizzato nel seguente modo: un *Team*, formato da 3 uomini, 2 asini e 1 carretto, partono dal Campo Base con il carretto caricato di "cestini" vuoti e si recano all'inizio dell'area non accessibile di propria competenza.

Il carretto), per essere idoneo al traino da parte di due asini, deve avere dimensioni tipo pari a circa 1,4m x 1,25m x 0,45m; questo comporta una capacità di carico pari a 0,8m³, ovvero circa 20-25 "cestini" pieni (Figura 5.37 e Tavola 4).

Per verificare se gli asini sono in grado di trainare il carretto, è necessario valutarne il peso a pieno carico, 25 "cestini" pieni pesano $P_{\text{rifiuti}} = 25 \cdot 0,02 \text{ m}^3 \cdot 302 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 151 \text{ kg}$.

A questo va aggiunto il peso del carretto, pari a circa 300 kg, il peso totale è perciò di 451 kg. Ogni asino è in grado di trainare circa 300 kg (www.asinisinascita.it), quindi i due asini possono portare il carretto a pieno carico.

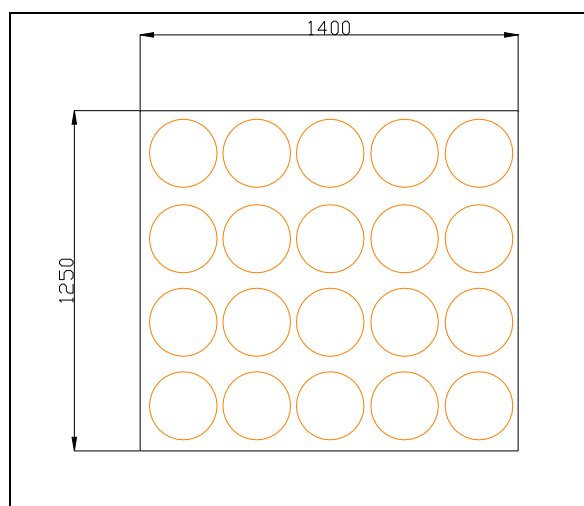


Figura 5.37: capacità di carico del carretto in "cestini" (misure in mm)

Quando il *Team* giunge al punto in cui inizia l'area di competenza, 2 uomini staccano gli asini dal

carretto e vi applicano una soma (Tavola 4); la soma permette di caricare sull'asino un massimo di 4 "cestini" (Figura 5.38).



Figura 5.38: asino con soma caricata con "cestini"

Lasciando il carretto in sosta, 2 uomini con gli asini si recano a raccogliere i rifiuti casa per casa scambiando i "cestini" vuoti con i "cestini" pieni, mentre il terzo uomo custodisce il carretto e pulisce le feci eventualmente prodotte dagli asini.

Dopo aver servito 4 case, la soma dell'asino è caricata con 4 "cestini" pieni; a questo punto gli uomini con l'asino tornano al carretto, scaricano i 4 "cestini" pieni dalla soma, aiutati dal terzo uomo, e preparano l'asino per servire altre 4 famiglie.

Segue il calcolo del dimensionamento della raccolta.

Considerando una densità del rifiuto da raccogliere pari a 300 kg/m^3 si ricava la produzione procapite in termini di volume:

$$0,15 \frac{\text{kg}}{\text{Ab} \cdot \text{d}} \cdot \frac{\text{m}^3}{300 \text{ kg}} = 0,0005 \frac{\text{m}^3}{\text{Ab} \cdot \text{d}} \cdot 7,15 \frac{\text{Ab}}{\text{comp.}} = 0,00358 \frac{\text{m}^3}{\text{comp.} \cdot \text{d}}$$

Sapendo che la capacità dei "cestini" è pari a $0,02 \text{ m}^3$, dividendolo per la produzione procapite trovata si ottiene il tempo necessario ad una famiglia per riempire un "cestino":

$$0,02 \text{ m}^3 \cdot \frac{\text{comp.} \cdot \text{d}}{0,00358 \text{ m}^3} = 5,59 \text{ d}$$

Data la carenza di organico si può ipotizzare di passare a raccogliere il rifiuto dalle famiglie una volta a settimana; tuttavia seguono i calcoli inerenti ad una raccolta a settimana e a due raccolte a settimana.

Per valutare il numero di case che ciascun *Team* riesce a servire in un turno di lavoro da 6 ore (t_{lav}) bisogna innanzitutto considerare il tempo (t_1) di andata e ritorno dal Campo Base al punto in cui deve essere lasciato il carretto, da cui partono gli asini da soma. Questo tempo si ricava semplicemente dividendo la distanza massima percorsa, data dalla somma della distanza fra il Campo Base e il centro urbano e fra quest'ultimo e l'area urbana non accessibile più distante (1,2 km), per la velocità del carretto (2,5 km/h); esso è diverso a seconda che il Campo Base si trovi ad 1 o a 3 km.

- Campo Base a 1 km dall'abitato:

$$t_1 = 2 \left[\frac{1 \text{ km} + 1,2 \text{ km}}{2,5 \text{ km/h}} \right] = 1,76 \text{ h} = 106 \text{ min}$$

- Campo Base a 3 km dall'abitato:

$$t_1 = 2 \left[\frac{3 \text{ km} + 1,2 \text{ km}}{2,5 \text{ km/h}} \right] = 3,36 \text{ h} = 202 \text{ min}$$

Per ricavare il numero di viaggi che riesce a percorrere l'asino con la soma dal carretto alle case da servire è necessario stimare il tempo t_2 delle operazioni di raccolta. Questo tempo è pari al tempo di scambio dei "cestini" vuoti con quelli pieni, più il tempo di percorrenza fra due successivi compound. Considerando circa 50 m fra un ingresso ed un altro e utilizzando come velocità dell'asino la stessa del carretto, risulta che per caricare i 4 "cestini" si devono percorrere circa 500 m, impiegando perciò 12 minuti; ipotizzando di impiegarne altrettanti per ogni scambio, si ha che ciascun asino riempie la sua soma in un'ora. A questo tempo va infine sommato il tempo per scaricare i "cestini" nel carretto, valutato in 20 minuti, essendoci anche l'operatore che custodisce il carretto che può aiutare, risulta perciò un tempo t_2 di 80 minuti.

Quindi ciascun asino da soma in grado di effettuare un numero di viaggi pari al tempo restante dopo lo spostamento dal Campo Base, diviso per il tempo t_2 delle operazioni di raccolta; ovvero, nei due casi in esame:

- Campo Base a 1 km dall'abitato:

$$n \text{ viaggi} = \frac{t_{lav} - t_1}{t_2} = \frac{360 \text{ min} - 106 \text{ min}}{80 \text{ min}} = 3 \text{ viaggi}$$

- Campo Base a 3 km dall'abitato:

$$n \text{ viaggi} = \frac{t_{\text{lav}} - t_1}{t_2} = \frac{360 \text{ min} - 202 \text{ min}}{80 \text{ min}} = 2 \text{ viaggi}$$

Essendo 2 gli asini con la soma per ciascun *Team*, si caricano sul carretto 8 geriche ad ogni viaggio, quindi:

- Campo Base a 1 km dall'inizio del centro urbano: ovvero in ogni giorno lavorativo il *Team* riesce a servire 24 compound, raccogliendo 24 "cestini".
- Campo Base a 3 km dall'inizio del centro urbano: ovvero in ogni giorno lavorativo il *Team* riesce a servire 16 compound, raccogliendo 16 "cestini".

UNA RACCOLTA A SETTIMANA

Considerando 6 giorni lavorativi è necessario organizzare il servizio in modo tale da coprire, con una sola raccolta, l'intera area non accessibile, ovvero 403 compound.

Pertanto dividendo il numero totale dei compound da servire per i 6 giorni lavorativi si ottiene il numero di compound che devono essere serviti al giorno:

$$\frac{403 \text{ comp}}{6 \text{ d}} = 67 \frac{\text{comp}}{\text{d}}$$

Poiché ogni *Team* riesce a servire 24 o 16 compound, a seconda dell'opzione sulla distanza del Campo Base, dal seguente calcolo si ricava il numero di *Team* operativi necessari per ogni giorno lavorativo:

- Campo Base a 1 km dall'inizio del centro urbano: $\frac{67 \text{ comp./d}}{24 \text{ comp./d}} = 3 \text{ Team}$,

quindi sono necessari 9 uomini, 6 asini e 3 carretti.

- Campo Base a 3 km dall'inizio del centro urbano: $\frac{67 \text{ comp./d}}{16 \text{ comp./d}} = 5 \text{ Team}$,

quindi sono necessari 15 uomini, 10 asini e 5 carretti.

DUE RACCOLTE A SETTIMANA

Considerando 6 giorni lavorativi è necessario organizzare il servizio in modo tale da coprire, con due raccolte, l'intera area non accessibile, ovvero 403 compound; raccogliendo i rifiuti ogni 3/4 giorni si ottiene un tasso di riempimento del "cestino" pari al 72%.

Pertanto si distinguono tre turni di raccolta distinguendo l'area in esame in tre zone:

- raccolta il sabato e il martedì;
- raccolta la domenica e il mercoledì;
- raccolta il lunedì e giovedì.

Dividendo il numero totale dei compound da servire per i 3 turni si ottiene il numero di compound che devono essere serviti da ogni turno:

$$\frac{403 \text{ comp.}}{3 \text{ d}} = 134 \frac{\text{comp}}{\text{d}}$$

Poiché ogni *Team* riesce a servire 24 o 16 compound, a seconda dell'opzione sulla distanza del Campo Base, dal seguente calcolo si ricava il numero di *Team* operativi necessari per ogni turno di lavoro:

- Campo Base a 1 km dall'inizio del centro urbano: $\frac{134 \text{ comp./d}}{24 \text{ comp./d}} = 6 \text{ Team}$,

quindi sono necessari 18 uomini, 12 asini e 6 carretti.

- Campo Base a 3 km dall'inizio del centro urbano: $\frac{134 \text{ comp./d}}{16 \text{ comp./d}} = 9 \text{ Team}$,

quindi sono necessari 27 uomini, 18 asini e 9 carretti.

In Tabella 5.18 sono riassunti i risultati ottenuti dal dimensionamento della raccolta porta a porta dei rifiuti domestici nelle zone difficilmente accessibili.

	CAMPO BASE A 1 km	CAMPO BASE A 3 km
UNA RACCOLTA A SETTIMANA	<p>3 <i>Team</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 9 uomini - 6 asini - 3 carretti 	<p>5 <i>Team</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 15 uomini - 10 asini - 5 carretti
DUE RACCOLTE A SETTIMANA	<p>6 <i>Team</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 18 uomini - 12 asini - 6 carretti 	<p>9 <i>Team</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 27 uomini - 18 asini - 9 carretti

Tabella 5.18: risultati ottenuti dal dimensionamento della raccolta dei rifiuti domestici porta a porta nelle zone non accessibili ai carretti, considerando 6 giorni lavorativi.

ZONE ACCESSIBILI

Per dimensionare la raccolta nelle zone accessibili è necessario stimare la produzione dei rifiuti in termini di peso e volume generata in tali zone.

Tali dati si possono ricavare per differenza dai valori totali dei rifiuti domestici prodotti a Sololo e i rifiuti generati nelle zone non accessibili, ovvero:

$$\left(0,15 \frac{\text{kg}}{\text{ab} \cdot \text{d}} \cdot 8530 \text{ ab}\right) - 432,1 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 1279,5 \frac{\text{kg}}{\text{d}} - 432,1 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 847,4 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

I compound da servire sono pertanto i compound totali di Sololo (1193) meno quelli serviti nelle zone non accessibili (403), ovvero 790 compound.

Pertanto il sistema di raccolta porta a porta nelle zone accessibili deve servire 5648 persone per un totale di 847,4 kg/d di rifiuti.

Il sistema di raccolta sarà organizzato nel seguente modo: un *Team*, formato da 3 uomini, 2 asini e 1 carretto, partono dal Campo Base con il carretto caricato di "cestini" vuoti e si recano nell'area di propria competenza.

Giunti in tale area due uomini si occupano di raccogliere i rifiuti casa per casa scambiando i "cestini" vuoti con i "cestini" pieni e caricandoli direttamente sul carretto; il carretto viene affidato al terzo uomo che fa avanzare il carretto in contemporanea con le operazioni di raccolta.

Una volta esaurita la capacità del carretto o il tempo disponibile, il *Team* ritorna al Campo Base.

Segue il dimensionamento della raccolta considerando separatamente i casi di una raccolta a settimana e due raccolte a settimana.

Come esposto in precedenza è necessario valutare i tempi t_1 e t_2 : il tempo t_1 si determina come prima, essendo però la distanza massima da raggiungere pari a 2 km dall'inizio dell'abitato, inoltre la distanza percorsa non sarà esattamente il doppio, poiché, a differenza delle aree non accessibili ai carretti, in questo caso le operazioni di raccolta vengono fatte in movimento, la distanza complessiva sarà perciò valutata come 1,8 volte la distanza massima totale:

- Campo Base a 1 km dall'abitato:

$$t_1 = 1,8 \left[\frac{1 \text{ km} + 2 \text{ km}}{2,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}} \right] = 0,86 \text{ h} = 52 \text{ min}$$

- Campo Base a 3 km dall'abitato:

$$t_1 = 1,8 \left[\frac{3 \text{ km} + 2 \text{ km}}{2,5 \text{ km/h}} \right] = 3,6 \text{ h} = 216 \text{ min}$$

La capacità del carretto è pari a circa 20-25 "cestini", ipotizzando che per la raccolta di ciascun "cestino" siano necessari 12 minuti, più un per spostarsi da un compound ad un altro, risulta che i due uomini incaricati della raccolta porta a porta riescano a caricare il carretto con 20 "cestini" in 130 minuti.

Questo significa che il *Team* riesce a servire i 20 compound, che rappresentano il massimo della capacità del carretto, in un tempo totale di:

- Campo Base a 1 km dall'abitato:

$t_{\text{tot}} = t_1 + t_2 = 52 \text{ min} + 130 \text{ min} = 182 \text{ min} = 3,0 \text{ h}$, in questo caso perciò ciascun *Team* è in grado di effettuare due viaggi al Campo Base.

- Campo Base a 3 km dall'abitato:

$t_{\text{tot}} = t_1 + t_2 = 216 \text{ min} + 130 \text{ min} = 346 \text{ min} = 5,8 \text{ h}$, ovvero il *Team* effettua un solo viaggio al Campo Base.

UNA RACCOLTA A SETTIMANA

Considerando 6 giorni lavorativi è necessario organizzare il servizio in modo tale da coprire, con una sola raccolta, l'intera area, ovvero 790 compound.

Dividendo il numero totale dei compound da servire per i 6 giorni lavorativi si ottiene il numero di compound che devono essere serviti al giorno:

$$\frac{790 \text{ comp.}}{6 \text{ d}} = 132 \frac{\text{comp}}{\text{d}}$$

dal seguente calcolo si ricava il numero di *Team* operativi necessari per ogni giorno lavorativo:

- Campo Base a 1 km dall'abitato: poiché ogni *Team* effettua 2 viaggi al campo Base, riesce a servire 40 compound, quindi il numero dei *Team* necessari è

$$n_{\text{team}} = \frac{132 \frac{\text{comp}}{\text{d}}}{40 \frac{\text{comp}}{\text{d}}} = 4 \text{ Team}, \text{ per un totale di 12 uomini, 8 asini e 4 carretti;}$$

- Campo Base a 3 km dall'abitato: ciascun *Team* può servire 20 compound in un giorno, perciò

sono necessari

$$n_{\text{team}} = \frac{132 \frac{\text{comp}}{d}}{20 \frac{\text{comp}}{d}} = 7 \text{ Team}, \text{ per un totale di 21 uomini, 14 asini e 7 carretti.}$$

DUE RACCOLTE A SETTIMANA

Considerando 6 giorni lavorativi è necessario organizzare il servizio in modo tale da coprire, con due raccolte, l'intera area; si distinguono tre turni di raccolta distinguendo l'area in esame in tre zone:

- raccolta il sabato e il martedì;
- raccolta la domenica e il mercoledì;
- raccolta il lunedì e giovedì.

Dividendo il numero totale dei compound da servire per i 3 turni si ottiene il numero di compound che devono essere da ogni turno:

$$\frac{790 \text{ comp.}}{3 d} = 263 \frac{\text{comp}}{d}.$$

Anche in questo caso se il Campo Base si trova ad 1 km ciascun Team può effettuare 2 viaggi e servire 40 compound, mentre nel caso di Campo Base a 3 km riesce ad effettuarne solo 1, servendo 20 compound.

Il totale dei Team necessari è perciò:

- Campo Base a 1 km dall'abitato:

$$n_{\text{team}} = \frac{263 \frac{\text{comp}}{d}}{40 \frac{\text{comp}}{d}} = 7 \text{ Team}, \text{ per un totale di 21 uomini, 14 asini e 7 carretti;}$$

- Campo Base a 3 km dall'abitato: ciascun Team può servire 20 compound in un giorno, perciò sono necessari

$$n_{\text{team}} = \frac{263 \frac{\text{comp}}{d}}{20 \frac{\text{comp}}{d}} = 13 \text{ Team}, \text{ per un totale di 39 uomini, 26 asini e 13 carretti.}$$

In Tabella 5.19 sono riassunti i risultati ottenuti dal dimensionamento della raccolta porta a porta dei rifiuti domestici nelle zone accessibili ai carretti.

	CAMPO BASE A 1 km	CAMPO BASE A 3 km
UNA RACCOLTA A SETTIMANA	<p>4 <i>Team</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 12 uomini - 8 asini - 4 carretti 	<p>7 <i>Team</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 21 uomini - 14 asini - 7 carretti
DUE RACCOLTE A SETTIMANA	<p>7 <i>Team</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 21 uomini - 14 asini - 7 carretti 	<p>13 <i>Team</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 39 uomini - 26 asini - 13 carretti

Tabella 5.19: risultati ottenuti dal dimensionamento della raccolta dei rifiuti domestici porta a porta nelle zone accessibili ai carretti.

Il numero di *Team* globalmente necessari per il servizio di raccolta porta a porta dei rifiuti domestici, nelle diverse alternative di turni e distanze dal campo base, sono riassunti nella Tabella 5.20.

Nelle Tavole 5, 6, 7 e 8 sono riportate le aree di competenza di ciascun turno di lavoro nelle diverse alternative.

		CAMPO BASE A 1 km	CAMPO BASE A 3 km
UNA RACCOLTA A SETTIMANA	ZONE NON ACCESSIBILI	3 <i>Team</i>	5 <i>Team</i>
	ZONE ACCESSIBILI	4 <i>Team</i>	7 <i>Team</i>

	TOTALE	7 Team	12 Team
DUE RACCOLTE A SETTIMANA	ZONE NON ACCESSIBILI	6 Team	9 Team
	ZONE ACCESSIBILI	7 Team	13 Team
	TOTALE	13 Team	22 Team

Tabella 5.20: risultati ottenuti dal dimensionamento della raccolta porta a porta dei rifiuti domestici di Sololo.

5.4.1.2. SPAZZAMENTO STRADE

La gestione dei rifiuti solidi a Sololo è, come già sottolineato in precedenza, pressoché inesistente; per questo motivo spesso i rifiuti vengono accumulati lungo le strade. L'introduzione della raccolta domestica porta a porta dovrebbe essere sufficiente a scoraggiare questa abitudine nella popolazione; tuttavia, oltre alla frazione di rifiuto che viene generata lungo la strada stessa, è possibile prevedere che, almeno inizialmente, una parte del rifiuto venga comunque abbandonata lungo le vie.

Per queste ragioni è necessario costituire almeno un team addetto alla pulizia delle strade stesse e costituito come nel caso della raccolta porta a porta da tre elementi, due preposti allo spezzamento vero e proprio ed uno incaricato di condurre il carretto, trainato da due asini.

Non essendo determinabili né la quantità di rifiuti né il numero di strade percorribili dal team in un giorno, non è possibile stabilire quanti team effettivamente servono; si ritiene che debbano essere almeno due.

5.4.1.3. MERCATO

Anche in questo caso è stata riscontrata la necessità di provvedere alla raccolta dei rifiuti prodotti dalle attività connesse al mercato, ma non è stato possibile quantificare la produzione giornaliera di tali scarti.

Per ovviare alla carenza di informazioni si è considerato che la quantità ottenuta dall'analisi merceologica eseguita sui rifiuti raccolti dal mercato era dovuta all'attività giornaliera di 4-5 negozi; pertanto,

considerando che il mercato è formato da circa 30-35 negozi, si è moltiplicato il peso raccolto per 8:

$$P_{\text{mercato}} = 21 \text{ kg/d} \cdot 8 = 168 \text{ kg/d}.$$

Considerando una densità dimezzata rispetto a quella del rifiuto domestico (giustificata dal maggiore contenuto di plastica e imballaggi), e perciò pari a 150 kg/m^3 , si ottiene un volume di circa $1,12 \text{ m}^3/\text{d}$.

$$V = 168 \text{ kg/d} \cdot 150 \text{ kg/m}^3 = 1,12 \text{ m}^3/\text{d}$$

Per la raccolta si è scelto di avvalersi di tre punti di raccolta da circa 1 mc ciascuno, posizionati a metà della via del mercato ed in prossimità della piazza (Figura 5.39), in grado di raccogliere un volume di rifiuti doppio rispetto a quello stimato, in questo modo i negozianti non devono percorrere più di 25-30 m per raggiungere il punto di raccolta.

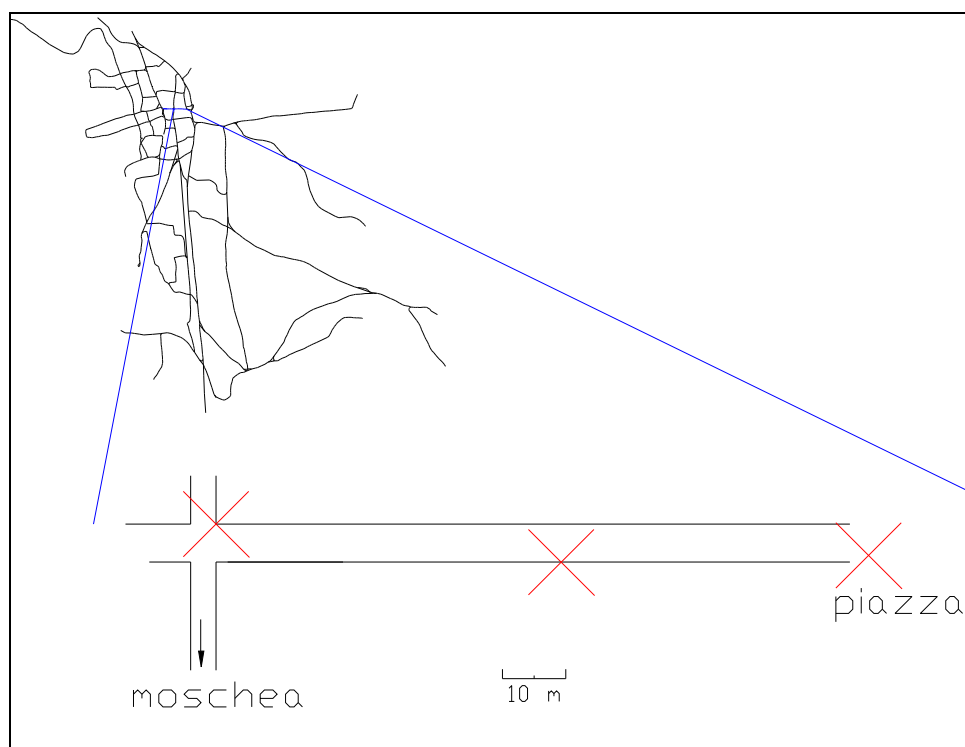


Figura 5.39: localizzazione dei due punti di raccolta nella via del mercato

I contenitori di raccolta devono soddisfare il requisito di semplicità sia in fase costruttiva che di utilizzo, per questo saranno meramente realizzati con 4 pali in metallo affogati nel cemento, che sostengono le pareti laterali in lamiera metallica o legno, una delle quali è realizzata a cancello, per consentire lo svuotamento dei rifiuti. Non è prevista alcuna copertura né, conseguentemente, pavimentazione al fine di

consentire il drenaggio delle acque di pioggia (Tavola 9).

Lo svuotamento può così avvenire semplicemente aprendo il cancello, spazzando e raccogliendo direttamente da terra il rifiuto. Come indicazione iniziale si suggerisce di effettuarlo tutti i giorni al termine del mercato: se in fase operativa si riscontra che uno svuotamento al giorno è eccessivo, si può semplicemente ridurre la frequenza; nel caso la produzione sia invece maggiore si può aumentare il volume o aggiungere un ulteriore raccoglitore.

Questo team può essere costituito da due soli membri con un carretto da circa $0,8 \text{ m}^3$ (v. Tavola 4), trainato da due asini.

5.4.1.4. SCUOLE

La quantificazione dei rifiuti prodotti dalle scuole è stata effettuata in base al numero degli studenti presenti, considerando che per quelli alloggiati la produzione pro-capite di rifiuti sia pari a $0,150 \text{ kg/ab-d}$ (pari a quella domestica, senza la frazione di organico derivante dalle feci degli animali), mentre quelli non alloggiati ne producono un quarto. Quindi la produzione totale ed il volume dei rifiuti provenienti

dalle scuole sono pari a $P_{\text{scuole}} = 0,15 \frac{\text{kg}}{\text{ab-d}} \cdot 376\text{ab} + \frac{0,15 \frac{\text{kg}}{\text{ab-d}}}{4} \cdot 897\text{ab} = 56,4 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 112,1 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 168,5 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$, che corrispondono, considerando la densità del rifiuto pari a 300 kg/m^3 , a $V = 168,5 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \cdot 300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,6 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$.

La raccolta dei rifiuti prodotti nelle scuole è anch' essa affidata ad un team separato da quelli dedicati alla raccolta domestica. Tale team che provvede a svuotare i cassonetti, realizzati come quelli descritti per il mercato (v. Tavola 9), dovrebbe essere costituito da due uomini con un carretto tirato da due asini. In questo caso è sufficiente provvedere allo svuotamento ogni 2 giorni.

5.4.1.5. RIFIUTI URBANI PERICOLOSI

La produzione di rifiuti urbani pericolosi è sostanzialmente limitata a batterie esauste e medicinali.

Le batterie sono per lo più gettate in strada nel momento in cui vengono comprate quelle nuove; per questo la scelta migliore per raccoglierle separatamente è quella di attivare un sistema a cauzione, con "vuoto" a rendere. In alternativa è possibile prevedere il posizionamento di piccoli raccoglitori direttamente nei negozi o al loro esterno.

Contenitori per farmaci: anche in questo caso si può prevedere l'introduzione di contenitori posti sia presso il dispensario che presso l'ospedale.

5.4.2 SMALTIMENTO

I rifiuti raccolti, secondo le modalità sopra descritte, vengono tutti portati al Campo Base (la cui possibile collocazione è riportata in Figura 5.36); qui si procede allo smaltimento, per il quale non è possibile attuare altre misure se non la realizzazione di un sito di discarica, realizzato in modo da essere il più sicuro possibile con la tecnologia a disposizione.

I problemi principali legati alla realizzazione della discarica sono dovuti alla produzione nel tempo di biogas e percolato; in particolare quest'ultimo, infiltrandosi nel terreno, potrebbe inquinare la falda acquifera, con gravi problemi per la salute della popolazione che se ne serve. Tuttavia dai dati in possesso questa possibilità risulta molto remota, infatti il terreno nella zona è argilloso e, quindi, poco permeabile e la profondità delle falde sfruttate dai pozzi è elevata (oltre i 40 m); per questo la soluzione di smaltimento proposta è realizzabile.

La localizzazione scelta è in terreno a bassa permeabilità, lontana dai pozzi principali, per ora non utilizzata, con vegetazione del tipo visibile in Figura 5.40, servita da una strada secondaria, da rendere transitabile ai carretti, a una distanza dall'abitato non superiore a 3 km.



Figura 5.40: possibile localizzazione della discarica

I rifiuti domestici possono essere facilmente quantificati grazie al dato in merito alla produzione pro-capite; quelli dovuti alle scuole e alle attività del mercato sono stati precedentemente determinati, mentre

per quanto concerne i rifiuti raccolti dalle strade è difficile quantificarne la produzione in quanto i dati raccolti ne descrivono solamente la composizione.

Pertanto vengono fatte le seguenti ipotesi di calcolo:

- poiché nel sistema raccolta si è ipotizzato di non raccogliere l'organico animale domestico, nello stimare la quantità dei rifiuti viene considerata una produzione pro-capite pari a 0,150 kg/ab/d;
- il contributo dato dai rifiuti raccolti dalle strade viene considerato maggiorando del 10% la quantità totale dei rifiuti raccolti.

Sulla base dei dati raccolti i rifiuti totali che vengono conferiti al Campo Base sono dati dalla somma dei seguenti contributi:

rifiuto totale = (rifiuto domestico + rifiuto del mercato + rifiuto delle scuole) · 1,1

$$\text{rifiuto totale} = \left(0,15 \frac{\text{kg}}{\text{ab d}} \cdot 8.530 \text{ ab} + 168 \frac{\text{kg}}{\text{d}} + 168,5 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \right) \cdot 1,1 = 1.780 \frac{\text{kg}}{\text{d}},$$

ovvero 649,7 t/a.

Il dimensionamento del sito avviene mediante la determinazione del volume, e quindi dell'area, necessaria: per passare dall'informazione in peso al volume si considera la densità del rifiuto. L'unica informazione nota è quella del rifiuto tal quale determinata a seguito dell'analisi merceologica, che risultava di 302 kg/m³. Le operazioni di raccolta non variano molto questa densità, non essendo presenti mezzi compattatori, ma l'accumulo del rifiuto tende a fare aumentare questo valore. In misura cautelativa, non conoscendo il livello di compattazione che si otterrà si è usata una densità di 400 kg/m³.

In questo modo si ottiene un volume annuo di rifiuti tumulati pari a

$$V = \frac{649,7 \frac{\text{t}}{\text{anno}}}{400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1.630 \frac{\text{m}^3}{\text{anno}}.$$

Per ottenere il volume del sito è necessario moltiplicare per gli anni di vita utile della discarica, che, per non aggravare troppo i costi di investimento iniziali, sono assunti pari a 2. Il volume complessivo risulta quindi uguale a:

$$V = 1.630 \frac{\text{m}^3}{\text{anno}} \cdot 2 \text{ anni} = 3260 \text{ m}^3.$$

Ipotizzando un'altezza utile di 1,2 m, l'area da destinare ai rifiuti risulta essere di circa 2.700 m² (30x90 m).

La geometria della discarica è quella presentata in Figura 5.41, con argini in terra. Durante l'esercizio della discarica ne saranno realizzati solo tre, il quarto verrà eretto al completamento dell'opera. Sono predisposti canali per l'acqua di scorrimento superficiale, per evitare che nel periodo delle piogge essa possa intaccare la resistenza meccanica degli argini stessi.

Non è prevista alcuna opera di collettamento e trattamento del percolato(ad esempio mediante lagunaggio); questo per evitare che la presenza di acque stagnanti attiri insetti portatori di malattie, in particolare la malaria.

Con riferimento alle linee guida della Repubblica Sudafricana sulla collocazione e realizzazione di discariche per rifiuti solidi (Republic of South Africa, 1998), la realizzazione di misure per la gestione del percolato risulta superflua nel caso in cui il bilancio idrico (B) sia negativo. Tale bilancio è valutato sulla base di piovosità (R) ed evaporazione (E), come segue:

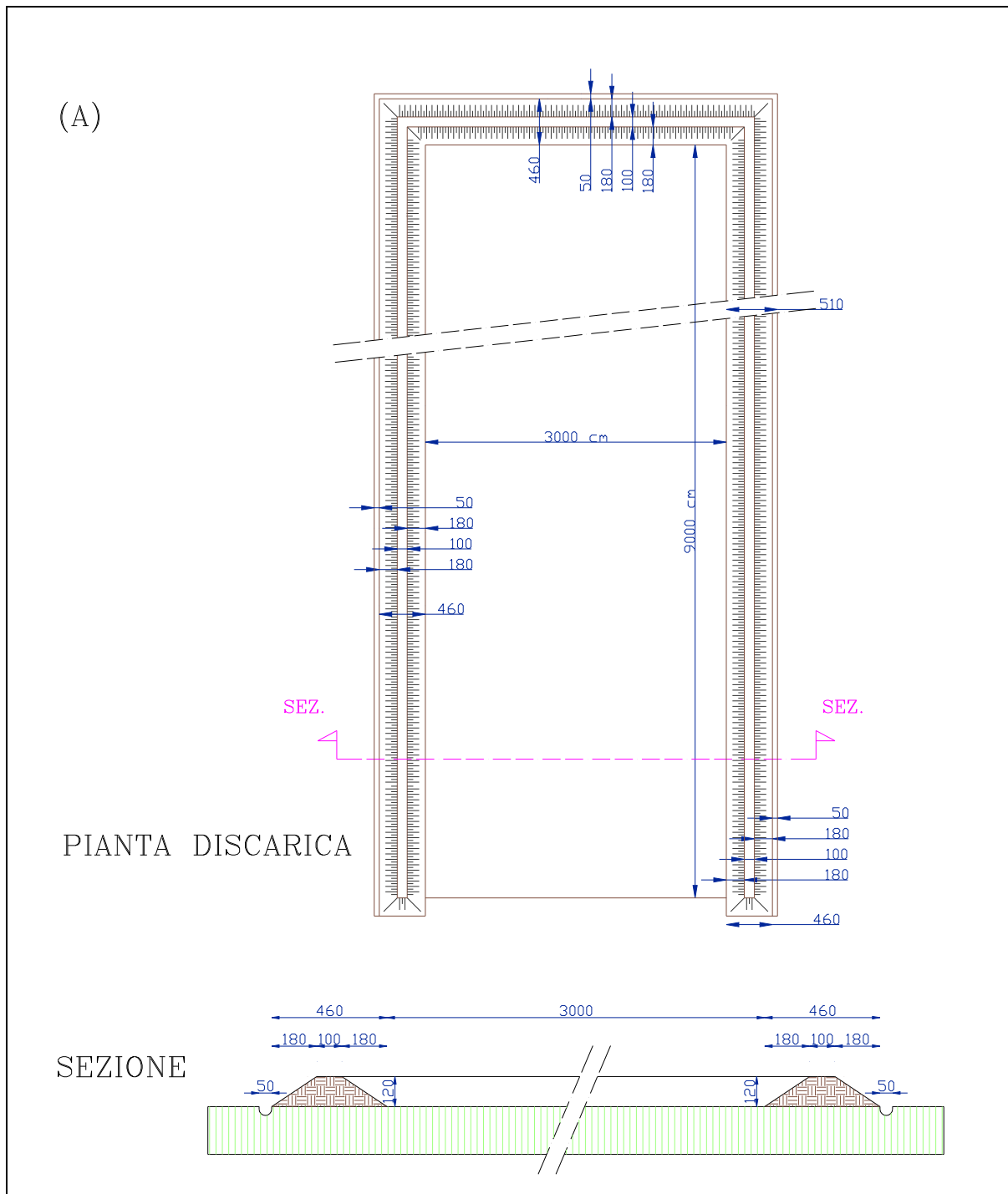
$$B = R - E$$

Questo bilancio andrebbe valutato nella stagione più umida dell'anno più piovoso o prendendo in esame almeno 5 anni consecutivi. Non avendo a disposizione dati così dettagliati è possibile effettuare una stima di massima, considerando che la piovosità è pari a 600 mm/anno (v. Figura 5.42), concentrata in 2 stagioni piovose, quella delle grandi piogge (da aprile a giugno) e quella delle piccole piogge (novembre). Questo fornisce perciò un dato mensile di piovosità di 150 mm/mese nella stagione umida. Per quanto concerne l'evapotraspirazione, per il clima semiarido in cui si trova Sololo, si ha un valore di 2.000-2.600 mm/anno (Kenya, Ministry of Land Reclamation, 1997), ovvero 167-217 mm/mese.

Il bilancio vale pertanto:

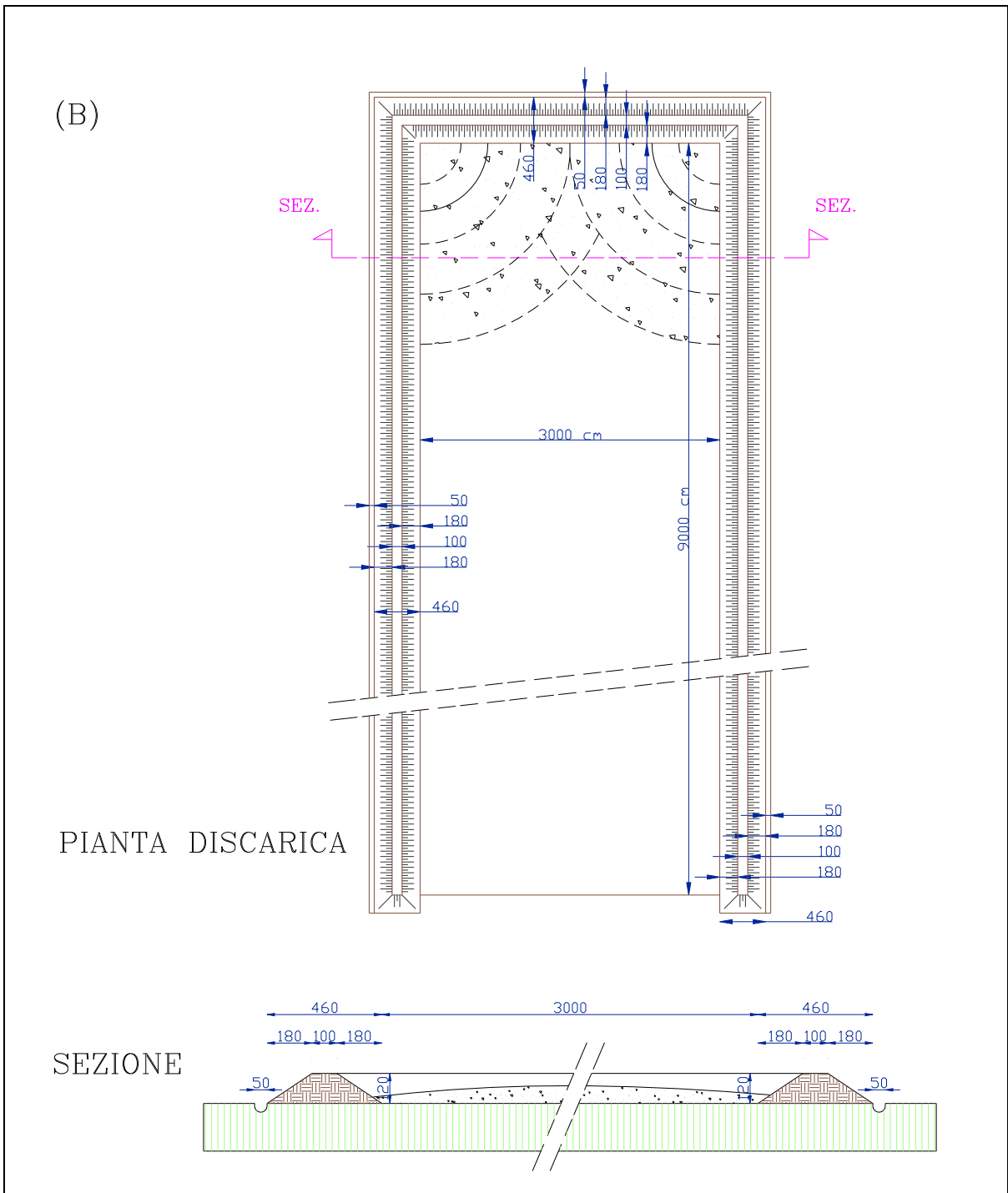
$$B = 150 \frac{\text{mm}}{\text{mese}} - 167 \frac{\text{mm}}{\text{mese}} = -17 \frac{\text{mm}}{\text{mese}} (< 0),$$

è perciò giustificata la scelta di non predisporre un sistema di raccolta del percolato.

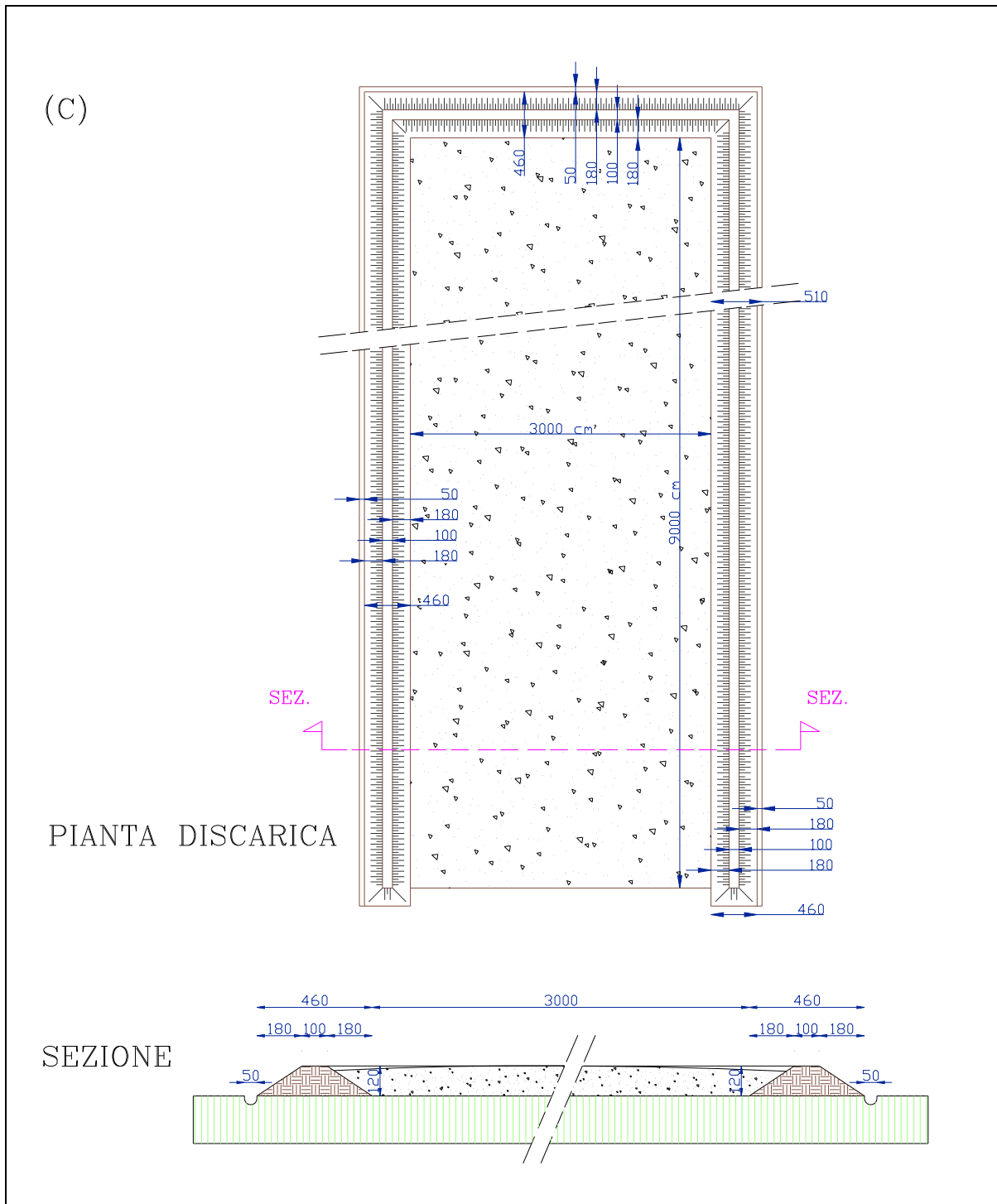


(segue)

Figura 5.41: geometria e fasi di riempimento della discarica: (A) discarica vuota, (B) inizio riempimento, (C) discarica colma



(segue)



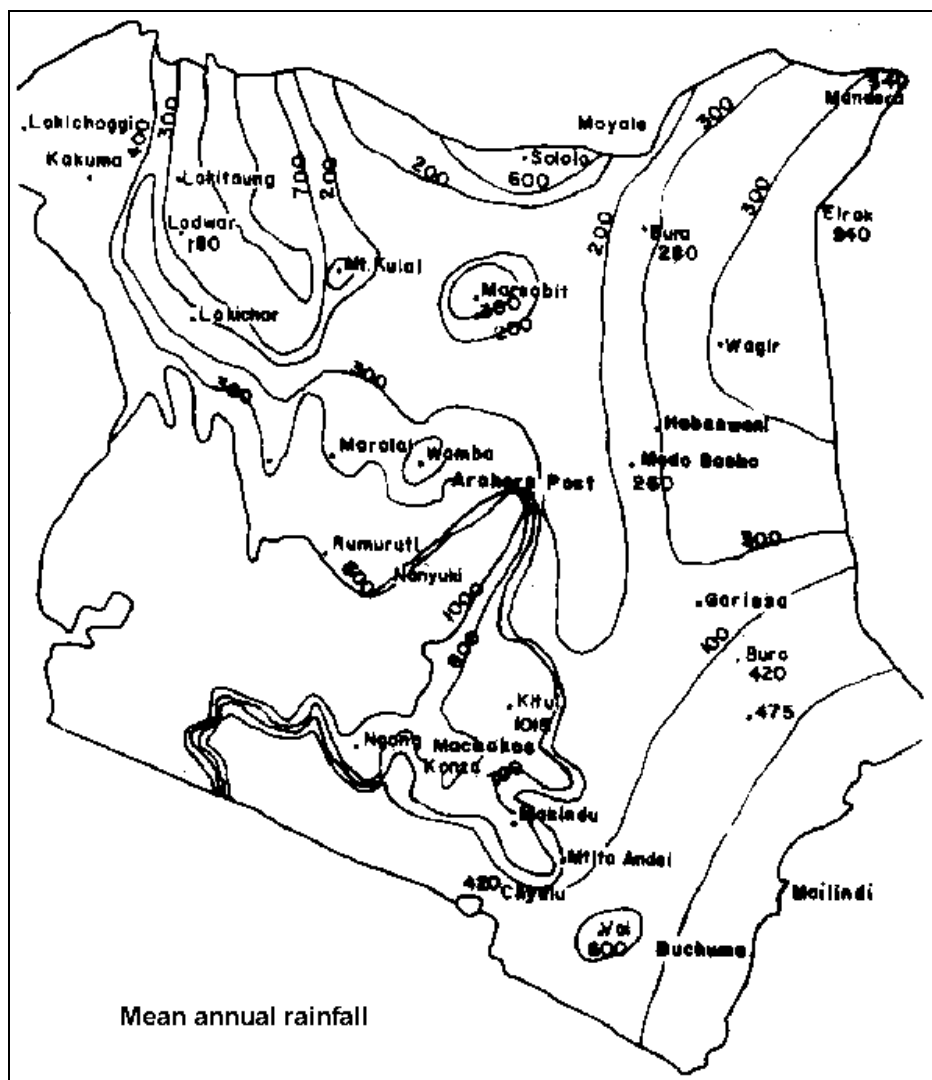


Figura 5.42: isoiete del Kenya (PANESA, 1988)

La copertura giornaliera della discarica viene realizzata con 10-15 cm di terreno, man mano che il cumulo in avanzamento raggiunge l'altezza prefissata. Al riempimento della discarica sarà realizzato uno strato di copertura con terreno compattato di 40 cm.

La "modularità" della struttura della discarica considerata e la disponibilità di terreno fa sì che essa possa essere facilmente ampliata una volta esaurita la sua capacità, semplicemente realizzando nuovi argini consecutivi ai precedenti.

5.4.3. CAMPO BASE

La sede di tutte le attività connesse al ciclo di gestione dei rifiuti sarà localizzata vicino alla discarica e sarà costituita da:

- uffici per l'amministrazione, la gestione dei turni e i rapporti con la popolazione per la riscossione dell'eventuale "tassa" per il servizio di nettezza urbana;
- recinto aperto e stalle per tutti gli asini; eventualmente le stalle potranno essere dotate di raccolta dei liquami e trattamento anaerobico per la produzione di biogas;
- zona di deposito per i carretti necessari alla raccolta;
- zona di deposito e lavaggio delle geriche;
- capanno per il deposito delle attrezzature da fornire ai team (ramazze, badili...);
- officina per le riparazioni varie.

5.4.4. CONCLUSIONI

Sulla base dei calcoli eseguiti, ed in seguito alle valutazioni precedentemente descritte, si evince che il sistema per la raccolta dei rifiuti più adatto alla realtà di Sololo è organizzato in 3 gruppi di *Team*, rispettivamente preposti:

- alla raccolta porta a porta dei rifiuti domestici;
- alla raccolta dei rifiuti nei contenitori posti nelle scuole e lungo la via del mercato;
- alla raccolta dei rifiuti stradali.

L'alternativa migliore per la raccolta porta a porta è quella che prevede la raccolta due volte a settimana e il Campo Base a 1 km dal centro urbano; questa soluzione garantisce un margine di sicurezza in quanto si ha una percentuale di riempimento dei cestini utilizzati per la raccolta pari al 72%, inoltre si riduce il numero di addetti necessari. I *Team*, formati da 3 uomini muniti di un carretto trainato da due asini, necessari per la raccolta del rifiuto domestico sono **13**.

Per la raccolta dei rifiuti dalle scuole e del mercato sono necessari **2 Team**, i *Team* per la spazzatura delle strade sono stimati pari a **2**.

In totale, per la raccolta dei rifiuti urbani di Sololo, sono quindi necessari **17 Team**, ovvero 51 persone, 34 asini e 17 carretti.

I *Team* partono dal Campo Base, situato ad 1 km ad est dal centro di Sololo, e, una volta terminata la fase di raccolta, vi ritornano per scaricare i rifiuti raccolti nella discarica, realizzata secondo le modalità precedentemente descritte nei pressi del Campo Base.